

## 5.2 地下水

### 5.2.1 地下水賦存状況に関する検討

#### (1) 太子河流域の地下水開発状況

太子河流域では下流にひろがる第四紀層よりなる平野部が主要な帯水層分布域となっており、工業用、農業用及び生活用にひろく地下水の開発が進められている。図 5.2.1 には太子河流域の地質図を示した。現地調査では太子河流域内の井戸台帳データを収集し流域内の地下水開発状況に関する検討を行った。

##### (a) 用途別地下水利用状況の整理

収集した井戸台帳データに基づき、各井戸の用途を登記上の利用者名称などから農業用水、工業用水、生活用水の3種類に分類し、用途別の地下水利用状況を各市別に整理した。図 5.2.2 に用途別の井戸本数と年間揚水量の集計結果を示した。図から以下の事項が確認できる。

- 5市の総計では井戸本数は農業用が最も多く、次いで工業用、生活用の順となっている
- また、年間揚水量も農業用が最も多く全体の50%を占めており、次いで工業用(40%)、生活用(10%)の順となっている
- 井戸本数は瀋陽市が最も大きく、次いで鞍山市、遼陽市、本溪市、撫順市の順となっている
- 一方年間揚水量は遼陽市が最も大きく、次いで鞍山市、瀋陽市、本溪市、撫順市の順となっている
- 用途別の年間揚水量でみると撫順市、瀋陽市及び鞍山市では農業用が最も多く、本溪市、遼陽市では工業用が最も多い

##### (b) 産業別使用量の整理

業種別の地下水利用状況を確認するために、井戸台帳データに記載のある井戸所有者名に基づき各井戸データを産業別に分類し整理を行った。産業分類は、「遼寧省地方基準・業種用水原単位」に従った。図 5.2.3 には業種別のなかの工業について、年間揚水量が100万 $\text{m}^3$ 以上のものについて揚水量、事業者数及び井戸本数を示した。図から以下の事項が確認できる。

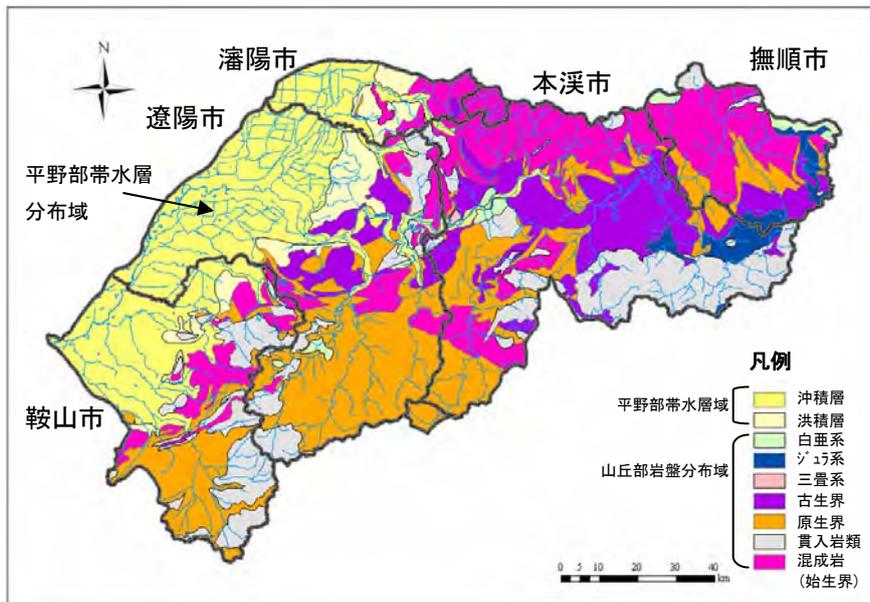
- 産業別では「鉄鋼精錬及び圧延加工業」が約2.2億 $\text{m}^3$ と工業用水全体(約3.1億 $\text{m}^3$ )のほぼ70%にあたる量を使用している
- 同産業は30ほどの事業者が他の産業に比べて多くの井戸を所有し揚水している

##### (c) 井戸深度の整理

図 5.2.4 には井戸台帳データに基づいた深度毎の井戸本数の分布を示した。図から井戸本数では深度30~40mまでの井戸が最も多く、また深度60mまでの井戸で全井戸総数の約80%を占めていることがわかる。

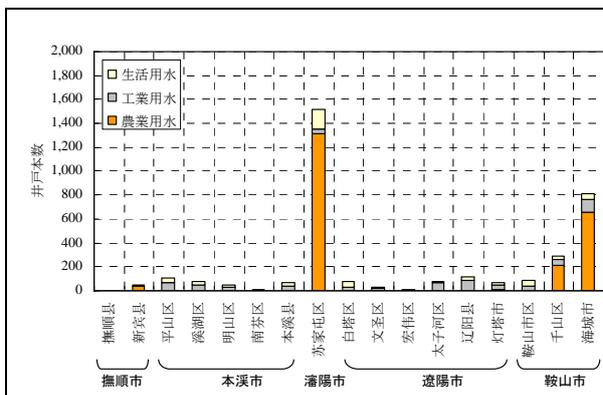
##### (d) 地下水開発の年度別変化の整理

図 5.2.5 には井戸設置年代毎の井戸本数の推移を示した。図から、1980年代後半以降井戸本数が急激に増加していることがわかる。これは経済成長が著しく伸び、主に工業用の水需要量が急激に増加したためであると考えられる。



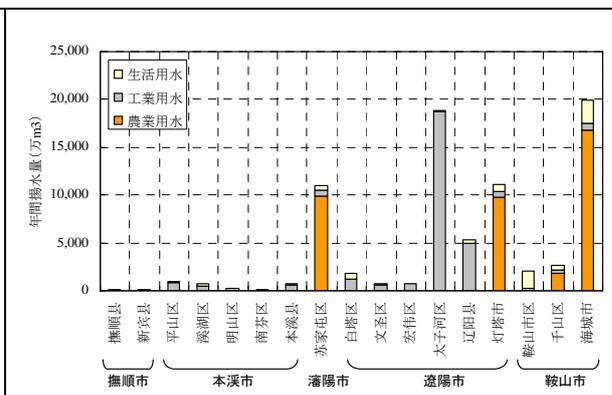
出典：JICA 調査団

図 5.2.1 太子河流域地質図



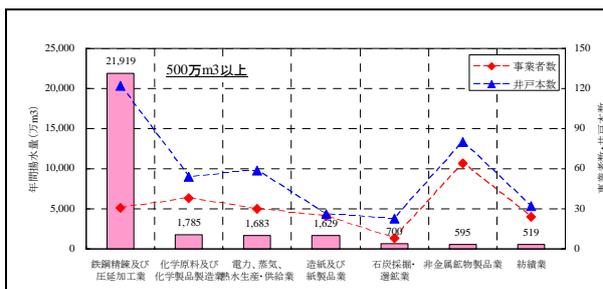
出典：JICA 調査団

図 5.2.2(a) 用途別井戸本数



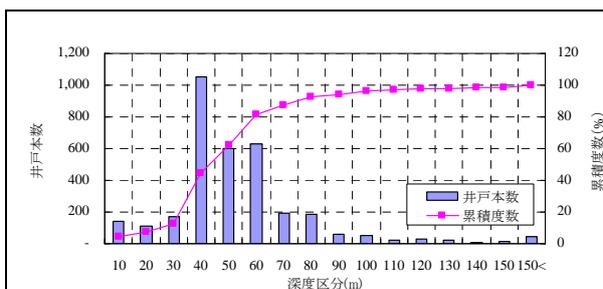
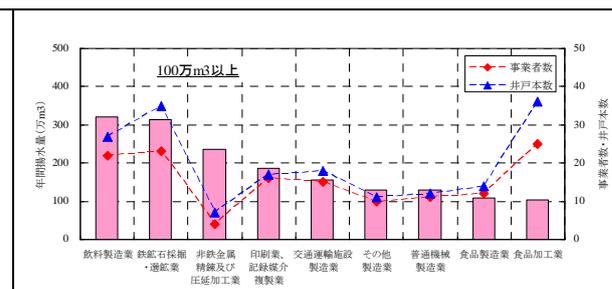
出典：JICA 調査団

図 5.2.2(b) 用途別年間揚水量



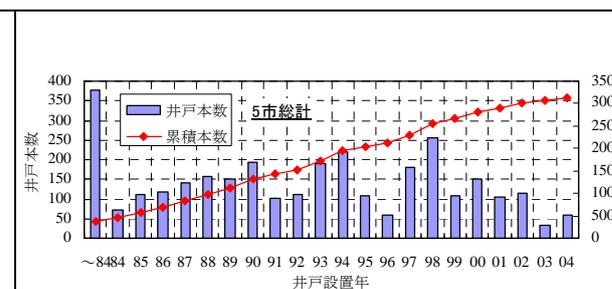
出典：JICA 調査団

図 5.2.3 工業用地下水の産業別揚水量・事業者数及び井戸本数



出典：JICA 調査団

図 5.2.4 深度別井戸本数



出典：JICA 調査団

図 5.2.5 年度別井戸本数

## (2) 地下水賦存量の検討

### (a) 地下水涵養量の推定

平野部帯水層分布域における地下水涵養量の推定は以下の方法で行った。

- i) 算定は、地下水収支式； $R = Pump + Q_{gout}$  を用いる（貯留変化量もゼロとする）
- ii) 地下水流出量  $Q_{gout}$  は帯水層から流域外への地下水流去量と、河川への基底流出量からなるが、作成した地下水位等高線図から河口部から流域外への地下水流去量はないものとする
- iii) 基底流出量は別途収集した河川流量観測データを使用する
- iv) 地下水揚水量  $Pump$  は水利庁発行の統計資料「水資源管理年報」2003年の値を使用する
- v) 地下水揚水量は平野部の瀋陽市、遼陽市および鞍山市での使用量を使用し、撫順市、本溪市の使用量は基本的に山丘部からの揚水であるとする

算定結果を図 5.2.6 に示す。図のとおり、流域全体での地下水涵養量は、山丘部浸透量（＝33,711 万  $m^3$ ）に平野部浸透量（＝105,803 万  $m^3$ ）を加えた値（＝139,514 万  $m^3$ ）となる。

### (b) ブロック別地下水収支の検討

先に算出した流域地下水収支に関して平野部帯水層分布域についてより詳細なブロック別の地下水収支を算出した。算出は以下の流れで行った。

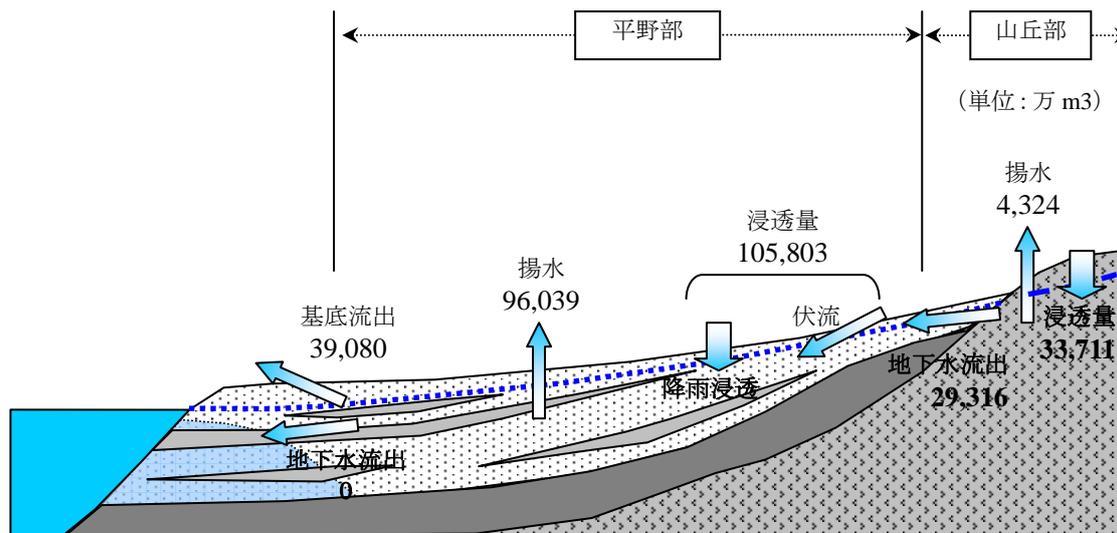
- i) 各小流域毎に地下水涵養量を算定
- ii) 水資源管理公報から太子河流域内 5 市について県・区毎の地下水揚水量を整理
- iii) 得られた地下水位等高線図に基づき、地下水収支算定ブロックを設定（図 5.2.7 参照）
- iv) 各ブロック毎に地下水涵養量と地下水揚水量とを配分・調整する
- v) 各ブロック間の地下水流動量を考慮し、最終的なブロック別地下水収支を算定

算出結果を図 5.2.8 に示す。図から、ブロック 2 ではブロック 1 からの地下水流入による補給があるものの、最終的に地下水収支はマイナスとなった。その他のブロックでは地下水収支はプラスとなった。また、算定した各ブロック間の地下水収支について、簡便なモデルを用いて月別の地下水の貯留量変化をシミュレートし実際の観測地下水位の再現を試みた。図 5.2.9 にはブロック 1 に関して検討に用いたデータと地下水位の再現結果例を示す。図のとおり入力データから地下水位を再現でき、ブロック間地下水収支は太子河流域の現状を表していると検証された。

## 5.2.2 地下水管理指標値の検討

### (1) 地下水のマクロ的管理とミクロ的管理

日本における地下水管理は地下水の過剰な汲み上げに伴い発生した地盤沈下の防止を第一の目的としており、井戸 1 本毎の仕様にに基づき許可・届出を義務づける井戸管理制度をとっている。一方でこうした管理制度は地盤沈下といったローカルな地下水問題を解決するには有効なものであるが、地下水盆地全体の地下水開発行為を総体的に管理する体制ではない。地下水管理の理想型としては、地下水収支のバランスを管理する「地下水盆地全体のマクロ的管理」と、地盤沈下や水質汚染といった「局所的な事象を管理するミクロ的な管理」とが統合された制度を導入し、両者を適切に運用するものであるといえる。



出典：JICA 調査団

図 5.2.6 太子河流域の地下水収支

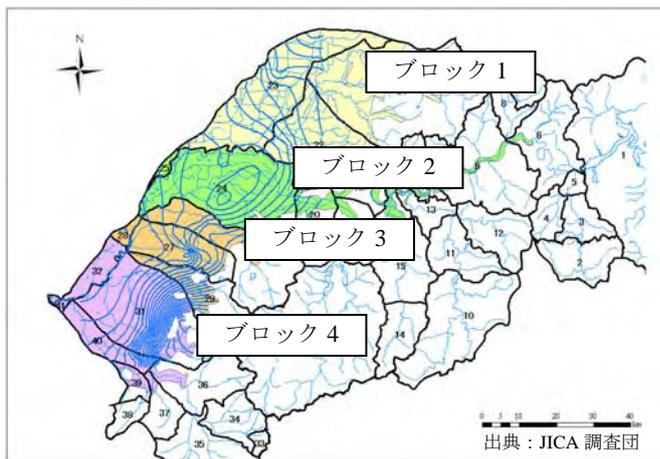


図 5.2.7 帯水層のブロック区分

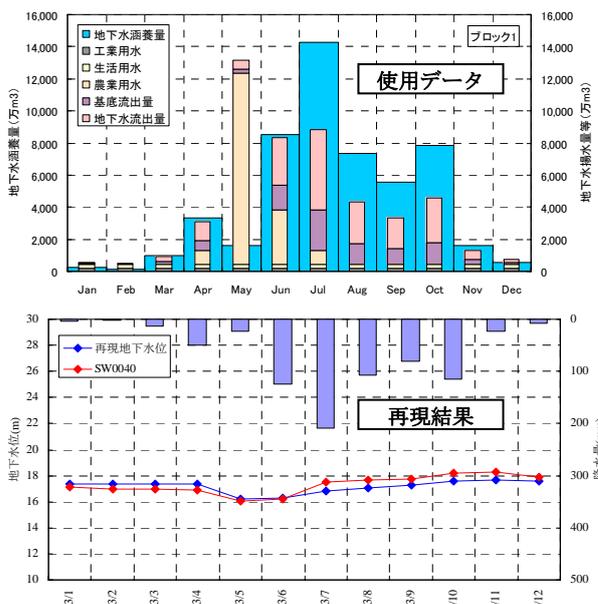


図 5.2.9 地下水位再現使用データと結果例  
出典：JICA 調査団

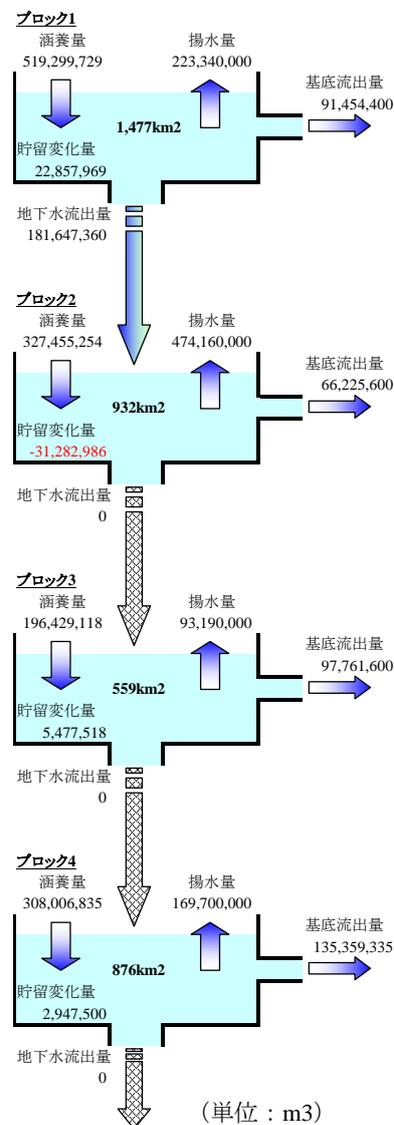


図 5.2.8 ブロック別水収支算定結果  
出典：JICA 調査団

## (2) マクロ的地下水管理指標値

## (a) 持続可能な地下水揚水量

マクロ的地下水管理を行う上で最も重要な事項は「地下水収支」を把握し、地下水の枯渇を招かずに長期間にわたって開発が可能となるような持続可能な地下水揚水量を求めることである。この持続可能な地下水揚水量は地下水開発を行う上での最大揚水可能量とも考えられる。持続可能な揚水量の基本は地下水収支の均衡であり、地下水涵養量を基準として、長期的にこの涵養量を超えない開発量である必要がある（図 5.2.10 参照）。

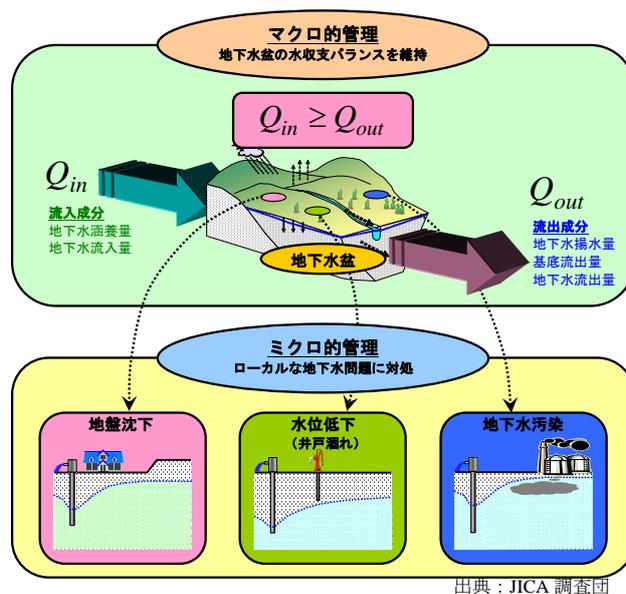


図 5.2.10 マクロ管理とマイクロ管理

## (b) 持続可能な最大地下水揚水量の検討

図 5.2.9 で示した各ブロック内での地下水の貯留量変化を再現した簡便なモデルを使用し、長期的な降雨パターンを入力して長期間にわたる地下水位の変動（貯留量変化）を推定することができる。ここで、揚水量の値を変化させることで持続的に開発可能な地下水揚水量の検討を行った。使用したモデルの概要を以下に示す。

- i) 検討は 20 年間の月別地下水貯留量変化を算定し、恒常的な地下水位の低下が生じるかどうかを確認した
- ii) 降水量データは 1984 年～2003 年までの太子河流域内の観測データをもとに小流域毎にティーン分割で算定されたものを使用した
- iii) 各ブロックの降水量は（ブロックに含まれる）小流域毎の降水量をブロック内に占める面積比率（小流域面積/ブロック面積）に従って比例配分した
- iv) 地下水涵養量は 2003 年の地下水涵養量と 2003 年の降水量（iii で算定したもの）との比率を求めこの比率を入力降水量データに乗じて算定した
- v) 基底流出量は 2003 年の基底流出量と 2003 年の地下水涵養量との比率を求めこれを（入力降水量データから得られる）地下水涵養量に乗じて算定した
- vi) ブロック 1 からブロック 2 への地下水流入量は 2003 年の地下水流入量と 2003 年の（ブロック 2 の）地下水涵養量との比率を求めこれを地下水涵養量に乗じて算定した
- vii) 地下水涵養量から地下水揚水量と基底流出量を引いた値（ブロック 1,2 では地下水流入・流出量が考慮される）が貯留変化量となるが、この値を帯水層分布域面積で除した後、有効空隙率（0.1 を使用）で除して地下水位変化として表現した

20 年間揚水を継続しても地下水位が初期水位に保たれるような地下水揚水量の最大値を算定した。ただし、ブロック 1 ではブロック 2 への地下水流入量は 2003 年水準を、また、各ブロックでは基底流出量は 2003 年水準をそれぞれ維持するものと仮定している。検討結果を図 5.2.11、表 5.2.1 に示す。検討の結果、ブロック 1、3、4 については 2003 年の地下水揚水量を超えた量でも持続的に開発可能であるという結果が得られた。一方ブロック 2 では 2003 年揚水量より 4% 削減した開発量でなければ持続的に利用できないという結果が得られた。

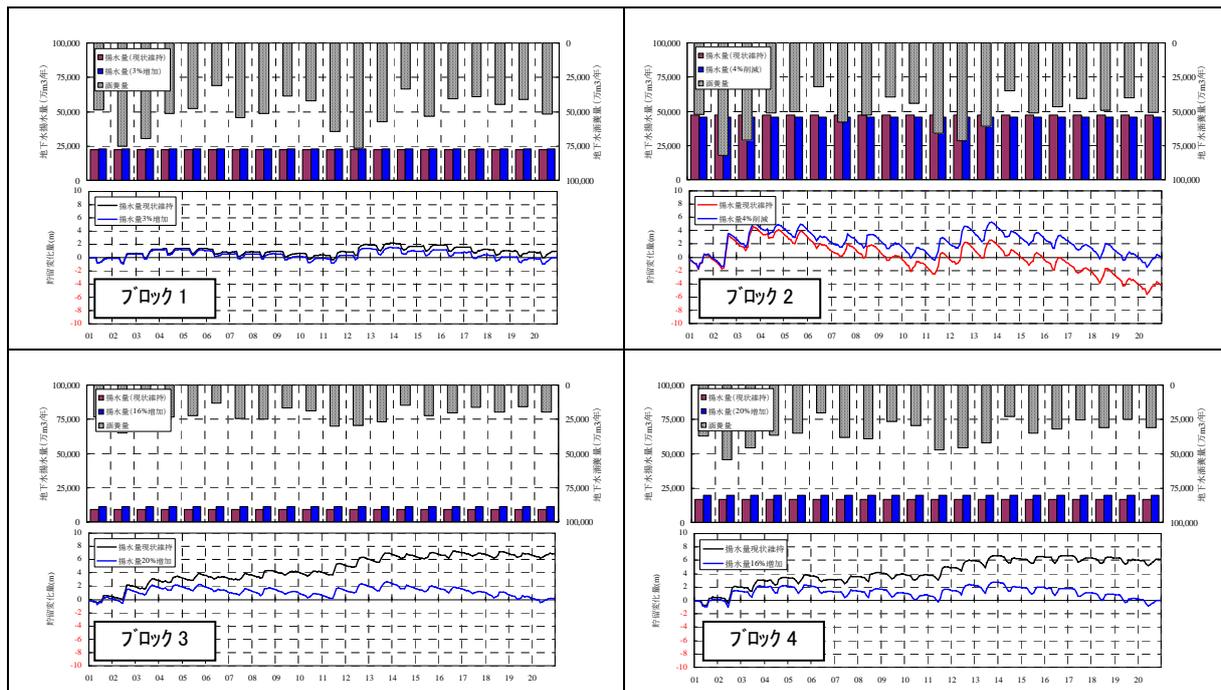


図 5.2.11 地下水貯留量変化算定結果

出典：JICA 調査団

表 5.2.1 持続可能な最大地下水揚水量

ブロック	2003 年年間揚水量 (万 m <sup>3</sup> )	最大地下水揚水量 (万 m <sup>3</sup> )	増減量
1	22,334	23,004	+3%
2	47,416	45,520	-4%
3	9,319	11,183	+16%
4	16,970	19,685	+20%

出典：JICA 調査団

(c) 地下水収支と地下水位低下問題の関係

太子河流域の平野部帯水層分布域の 4 つのブロック内にはそれぞれ 1 箇所ずつ地下水位低下域（漏斗地区）が存在する。ブロック 2 を除いた地域では地下水収支は全て黒字になっており、地下水涵養量に対する地下水揚水量の割合もほぼ同等（50%程度）になっている（図 5.2.12 参照）。漏斗地区の面積も他のブロックでは 30~70km<sup>2</sup>程度であるのに対して、ブロック 2 では約 300km<sup>2</sup>と大きく、同ブロック内の水収支の偏りがこの大規模な漏斗現象を引き起こしていると考えられる（図 5.2.13 参照）。従ってブロック 2 に関しては第一ステップとして水収支の黒字化を図った上で、ミクロ的管理により地下水位低下域の削減に取り組んでいく必要があると考える。また漏斗現象の根本的な解決には地下水揚水量を他のブロック並に涵養量の 50%程度まで削減させる必要がある。

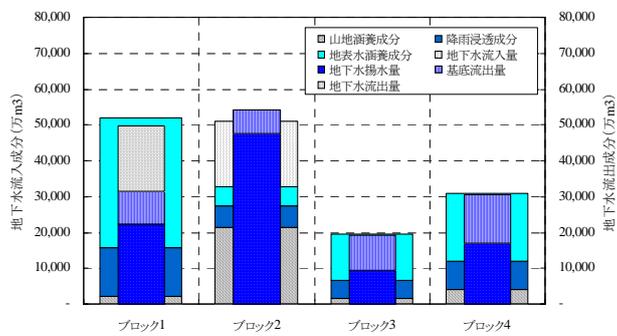


図 5.2.12 ブロック間の水収支

出典：JICA 調査団

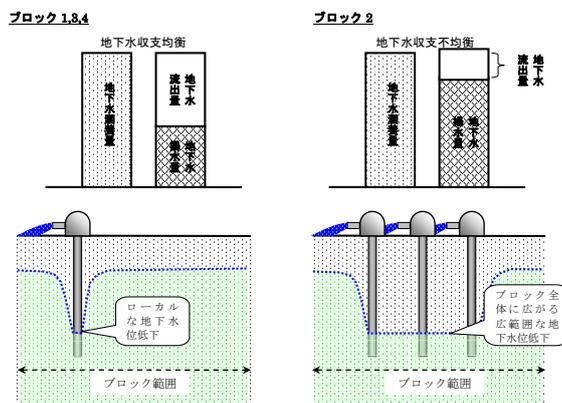


図 5.2.13 ブロック間の水収支と漏斗現象

出典：JICA 調査団

(3) ミクロ的地下水管理指標値

(a) 持続可能な単位面積当たりの最大揚水量

算定した持続可能な最大地下水揚水量を帯水層分布面積で除することで単位面積あたりの持続可能な最大揚水量が求まる。この単位開発量をミクロ的地下水管理を行う上での管理目標値として活用することで、より効率的な地下水管理を行うことが可能となる。ここでは、まず地下水収支のバランスが保たれているブロック 1、3 及び 4 について、20 年間の地下水貯留量変化の検討結果から得られた持続可能な最大地下水揚水量を各ブロックの帯水層面積で除して単位開発量を求めた。結果を表 5.2.2 に示す。

表 5.2.2 単位面積当たりの最大地下水揚水量(ブロック 1,3,4)

ブロック	涵養量 (万 m <sup>3</sup> )	持続可能 最大揚水量 (万 m <sup>3</sup> )	帯水層面積 (km <sup>2</sup> )	単位開発量 (万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)
1	50,611	23,004	1,477	15.57
3	22,347	11,183	559	20.01
4	35,040	19,685	876	22.47

出典：JICA 調査団

一方で地下水収支のバランスが崩れているブロック 2 については、地下水の枯渇を招かない持続可能な揚水量を算定したが、一方で現在同地区に生じている広範囲な地下水位低下の回復に資するためには、さらなる地下水開発量の削減が求められる。ここでは、ブロック 2 の単位開発量を 2 段階に設定し、第一段階は地下水枯渇を招かない最大揚水量、第二段階は地下水位低下の回復に資するための最終目標揚水量（地下水涵養量の 50%）とした。表 5.2.3 にはブロック 2 に関する段階別の単位開発量を示す。

表 5.2.3 単位面積当たりの地下水開発可能量(ブロック 2)

段階	涵養量 (万 m <sup>3</sup> )	持続可能 最大揚水量 (万 m <sup>3</sup> )	帯水層面積 (km <sup>2</sup> )	単位開発量 (万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)
ステップ 1	52,249	45,520	932	48.84
ステップ 2		26,124		28.03

出典：JICA 調査団

(b) 単位開発量と地下水位低下

図 5.2.14 にはブロック 1 での単位開発量を 1 年間継続した場合について、ジェイコブの非平衡式を用いて井戸からの距離と地下水位低下量を算定した結果を示す。図の通り単位開発量で揚水を行った場合、井戸から 500m の地点での地下水位低下量は 1m 以下であり 1km<sup>2</sup>メッシュ内において単位開発量で揚水した場合井戸干渉による水位低下は生じないことになる。

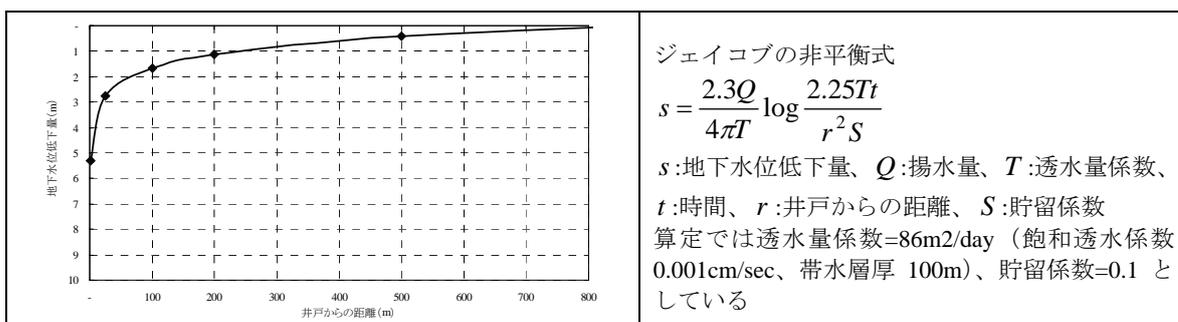


図 5.2.14 単位開発可能量と地下水位低下量

出典：JICA 調査団

### 5.2.3 地下水利用実態モニタリング

大規模な地下水位低下域の存在する遼陽市首山地区（ブロック 2）において地下水揚水量と地下水位低下状況に関するモニタリングを行い地下水位低下に伴う現状の把握・分析を行った。

#### (1) 地下水揚水量モニタリング

遼陽市水資源管理处を通じて遼陽市財務局所有の地下水揚水量データのうち年間 10 万 m<sup>3</sup> 以上の箇所について月別のデータを手に入れた。同処管理の地下水利用者の内 2004 年 7 月から 2005 年 6 月までの 1 年間の地下水揚水量が 10 万 m<sup>3</sup> を超えたのは 18 箇所であった。内訳は、工業用が 8 箇所、生活用が 7 箇所、そして暖房用が 3 箇所であった。ただし、各利用者とも井戸を多数所有している場合が多いが、取水量データはあくまでそれら所有井戸の総量データのみが存在し、井戸毎の揚水量は水資源処でも把握していない。これは、取水許可の発行時にも井戸毎の許可ではなく、利用者（企業・水道公社など）毎に許可証を発行しているために、利用量データも利用者単位で管理されているためである。また、揚水量データを手に入れた箇所について、井戸の位置情報も収集した。ただし、井戸が多数ある箇所については井戸の正確な位置に関するデータは得られず、井戸分布範囲に関する情報のみが得られた（表 5.2.4 参照）。図 5.2.15 には主要水源の位置と算定した 1km<sup>2</sup> 当たりの揚水量分布図を示す。図の通り調査地域では先に算定したブロック 2 の持続可能な最大揚水量（49 万 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年）を超えた開発が行われていることがわかる。

表 5.2.4 主要取水者所有井戸の分布範囲

No.	登録者名	範囲 (km <sup>2</sup> )	井戸本数	年間揚水量 (万 m <sup>3</sup> /年)	単位面積揚水量 (万 m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)	単位面積揚水量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /日)
1	鞍鋼新鋼鉄公司	85	67	12,937	152	4,164
2	鞍山市自来水公司	28	59	3,240	117	3,205
3	遼陽市自来水公司	15	17	667	44	1,205
4	鞍鋼第二発電場	0.7	9	617	857	23,479

出典：JICA 調査団

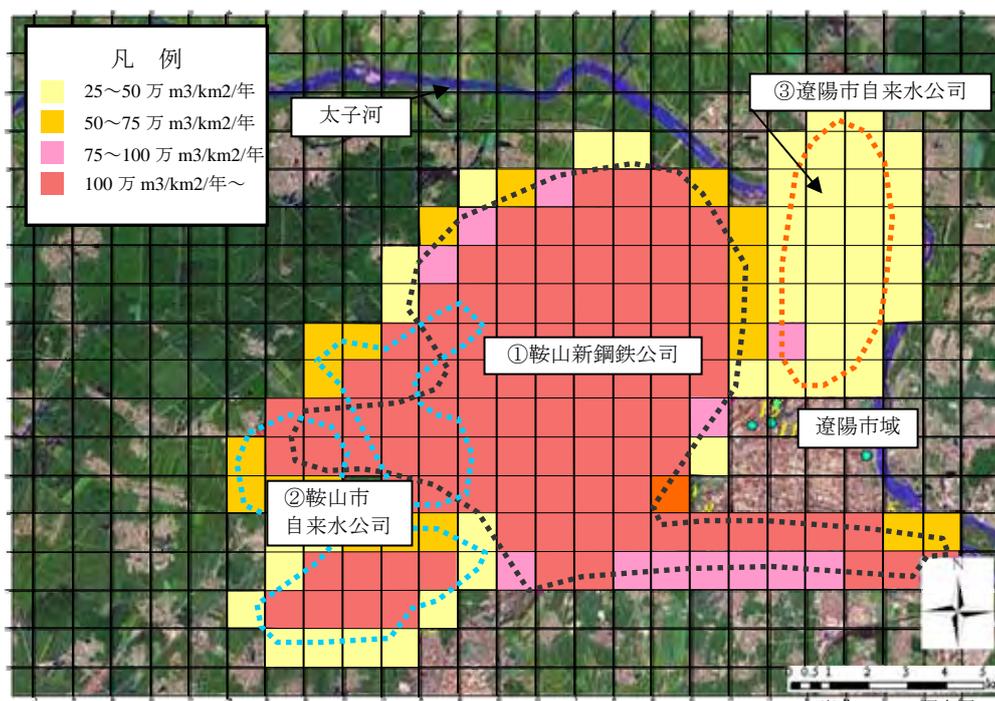


図 5.2.15 主要取水者井戸範囲と単位面積当たりの揚水量

## (2) 地下水位低下状況モニタリング

モニタリングにより合計 204 箇所の井戸を訪問し地下水位の測定を行った。訪問井戸の主な諸元（深度及び地下水位）を図 5.2.16 にまとめた。また、現地調査を通じて確認した調査対象地区内における地下水位低下に関わる問題点などを表 5.2.5 にまとめた。また、図 5.2.17 には地下水位測定結果に基づく地下水位等高線図を示した。

今回の地下水モニタリング実施時は雨季に相当し、地下水涵養量（上流からおよび降雨浸透によるものなど）も年間で最も大きい時期であり、また地下水位低下域（漏斗地区）の北部に位置する遼陽灌漑区では水稻栽培のための灌漑が行われており、水路や圃場を通じた地下水涵養が促進するために地下水位低下域も減少していたと考えられる。一方現地での聞き取り調査の結果や既存の地下水位データ等から、同地区では乾季には地下水涵養量も減少し、灌漑区においては取水が停止し、雨季には存在した豊富な地下水涵養源が失われることで漏斗地区範囲は大幅に拡大すると考えられる（図 5.2.18 参照）。

今回の調査結果から遼陽灌漑区を通じた地下水涵養は雨季にはある程度漏斗地区面積の減少に寄与していることが明らかになった。しかしながら、この地下水涵養により漏斗地区範囲は 4 月から 9 月までの灌漑期に一時的に減少するだけであり、漏斗現象を根本的に解決するには至っていない。

これまでも述べたとおり、漏斗現象の解決には地下水揚水量を削減させることが第一であり、現在進行していると思われる地下水水質の悪化に歯止めをかけるためにも早急な地下水揚水量の削減が求められる。

表 5.2.5 地下水位低下状況モニタリングのまとめ

地域	地下水位状況	確認した問題など	備考
遼陽灌漑区 周辺	<ul style="list-style-type: none"> <li>灌漑区内では 2m 程度</li> <li>灌漑区南端部では 5～7m 程度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>灌漑用水の過剰な地下漏出</li> <li>地下水への表流水流入（伏流）による地下水水質の悪化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>域内に鞍鋼水源井戸が存在している</li> <li>灌漑区は過剰取水量相当分として鞍鋼から年間 200 万円の補助（補償）金を得ている</li> </ul>
遼陽灌漑区 ～首山鎮	<ul style="list-style-type: none"> <li>7～12m 程度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水位低下により手押しポンプでの生活用水確保が困難</li> <li>生活用水は村の小規模上水道又は各戸での深井戸により確保</li> <li>ポンプ稼働にかかる電気代の負担が大きく十分な水量の確保が困難（特に乾季）</li> <li>地下水を用いた灌漑農業は電気代のコストが大きいため実施が困難</li> <li>地下水への表流水流入（伏流）による地下水水質の悪化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大張郎村では水利庁資金による水道水源（深井戸）開発の計画がある</li> </ul>
首山鎮近傍	<ul style="list-style-type: none"> <li>15～22m 程度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水位低下により手押しポンプでの生活用水確保は不可能</li> <li>生活用水の確保は県の大規模上水道又は鞍鋼敷設の上水道により確保</li> <li>地下水を用いた灌漑農業は電気代のコストが大きいため実施が困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鞍鋼が周辺村落への上水道整備も手がけている</li> </ul>

出典：JICA 調査団

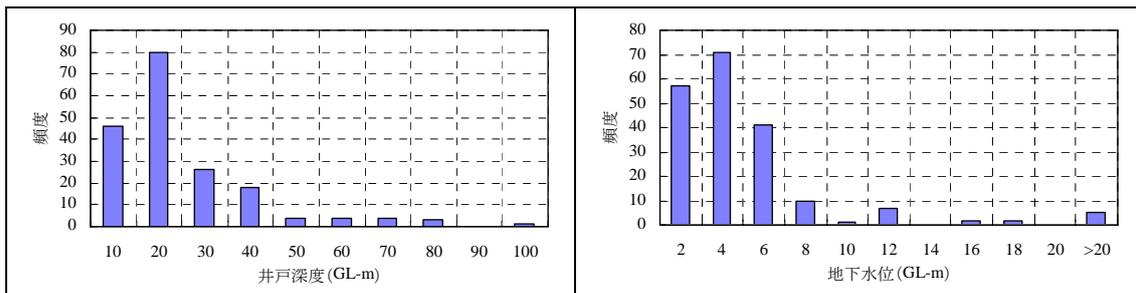
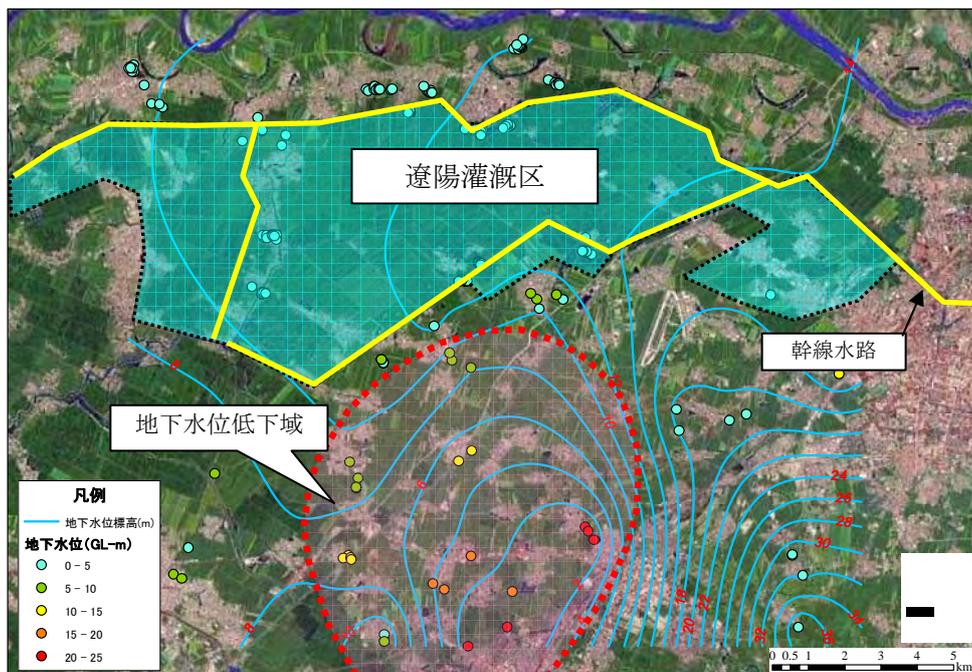


図 5.2.16 モニタリング井戸の深度・地下水位の統計データ 出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.2.17 地下水位等高線図

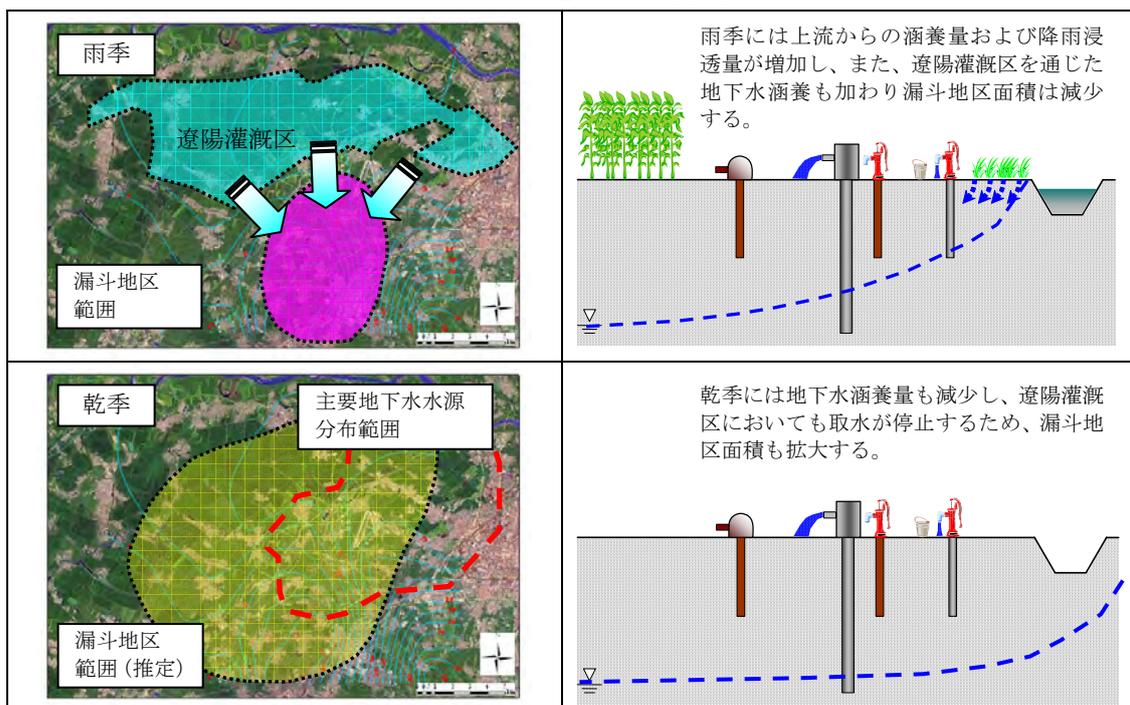


図 5.2.18 雨季と乾季の漏斗地区面積の変化状況模式図 出典：JICA 調査団

### 5.2.4 太子河流域の地下水管理に関する現状と問題点

#### (1) 太子河流域の地下水管理の現状

##### (a) 取水許可制度

遼寧省では1994年10月6日に「遼寧省取水許可制度実施規則」に基づき、取水許可制度が正式に実施されることとなった。地下水の取水に関しては水行政管轄部門だけではなく、都市建設行政管轄部門及び地質鉱産行政管轄部門からの意見も得た上で許可証の承認がなされている。また、地下水による取水の場合は取水許可証発行時に提出する取水施設登録表に表5.2.6に示す揚水井戸の詳細な仕様を記載して別途提出することとなっている。

表 5.2.6 登録票に記載する井戸関連事項

記載項目	
井戸番号	水源地点
井戸深度	井戸口径
地下水類型	地下水採取深度
地下水位	ポンプ型式
ポンプ揚水能力	申請揚水量

出典：JICA 調査団

##### (b) 水資源費の徴収

図5.2.19には遼陽市における水資源費徴収体制を示した。遼陽市水利局では市内行政区のうち区部内の水資源費徴収業務のみを行っており、その他の地区に関しては遼陽県および灯塔市（県レベル市）の水利局が行っている。ただし、取水許可の時点で省または市の審査を受けているものは水源が灯塔市、遼陽県にある場合でも遼陽市水利局が徴収を行っている。

水資源費は利用者からの申告データに基づいて毎月算定・徴収される。また、この申告データは井戸毎ではなく、取水許可を得ている事業所単位の総量である。徴収された水資源費のうち30%は省水利局が徴収しており、残る70%が各市・県の財政収入となる。ただし、農業用地下水に関しては、特例として支払いを免除されているため水資源費は徴収されず、従って実際の揚水量に関するデータも把握されていない。その他、農村生活・家畜・医療機関・学校・造林・小型発電に係る用水も水資源費徴収を免除されているため、実質的には工業用水と都市生活用水利用に関してのみ水資源費が徴収されている。

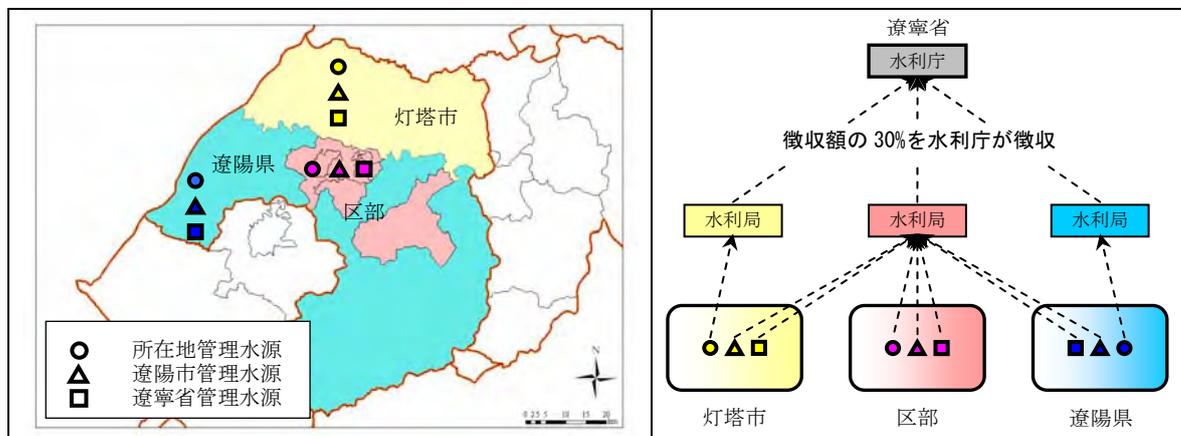


図 5.2.19 遼陽市の水資源費徴収体制

出典：JICA 調査団

(c) 遼寧省地下水資源保護条例

「遼寧省地下水資源保護条例」は、2004年8月1日、遼寧省第十回人民代表大会常務委員会で可決された。この条例は32の条文からなり、地下水資源保護に係る一般的な事項を規定している。本条例は「遼寧省地下水資源保護区保護保全計画」報告書で定められた地下水資源の保護区分や、保全方策などに関する内容を法制化したものである。

(2) 地下水管理制度の問題点

(a) 井戸管理と取水許可証管理

日本と中国の地下水管理制度における最も大きな違いは、日本が井戸単位の許認可制であるのに対して、中国では取水事業者単位の許認可制である点である（図 5.2.20 参照）。

日本では主に地盤沈下の抑制を目的として地下水管理が行われてきたために、井戸 1 本毎の許認可制を敷き、どのような地盤沈下も見逃さない厳格な井戸管理体制をしいてきた。

一方の中国では現在導入されている取水許可制度は水配分を適切に行うために整備されたもので、地下水管理を主な目的としたものではない。従って、日本のような井戸 1 本毎を管理するのではなく、取水事業者といった大きな枠組みでの管理体制となっている。遼寧省の場合は特に工業用水に大量の地下水を利用している企業が多くあり、一つの取水事業者が多数の井戸を所有しているケースが多い。そのため、現行の制度では井戸毎の揚水量の把握はできず、ミクロなレベルでの地下水管理を行うことが困難な状況になっている。

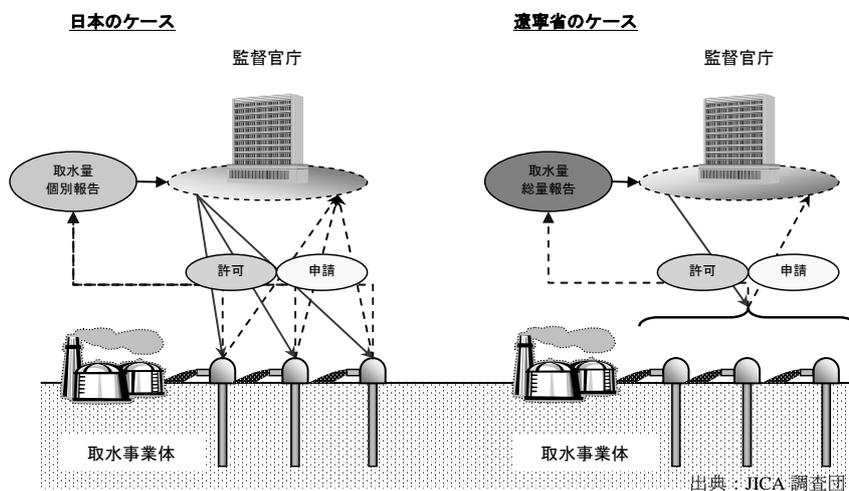


図 5.2.20 日本と中国の地下水管理体制の比較

(b) 水資源費徴収対象外水源による不明取水量の存在

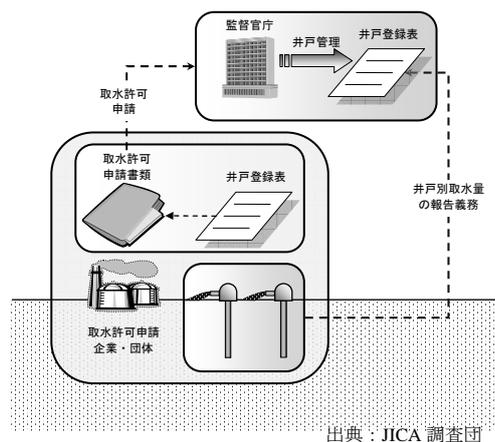
日本では地下水揚水量の申告義務が明記されているが、申告に応じないものに対しては行政管理部门による立ち入り検査を行うことで揚水量把握の徹底をはかっている。一方中国では取水許可制度実施規則によると揚水量は利用者からの申告によることとなっている。しかし、農業用、農村生活用、家畜用といった水資源費の徴収対象外の取水に関しては揚水量データが把握されておらず、行政機関による立ち入り検査も行われていない。そのため水行政管理部门による地域全体の揚水量把握はなされていないのが実情である。

### 5.2.5 太子河流域の地下水管理制度に係る提言

#### (1) 取水許可証管理体制から井戸管理体制への移行

今後適切な地下水管理を行っていく上では特に揚水量管理に関して現行の取水許可証単位での管理体制から、井戸別の管理体制へと移行する必要があるだろう。

具体的には取水許可申請時に提出される取水施設（井戸）の登録表（各井戸の詳細な仕様データが記載される）を取水許可証とは別に、井戸管理用のベースデータとして用いることを提案する（図 5.2.21 参照）。



出典：JICA 調査団

図 5.2.21 井戸管理体制への移行案

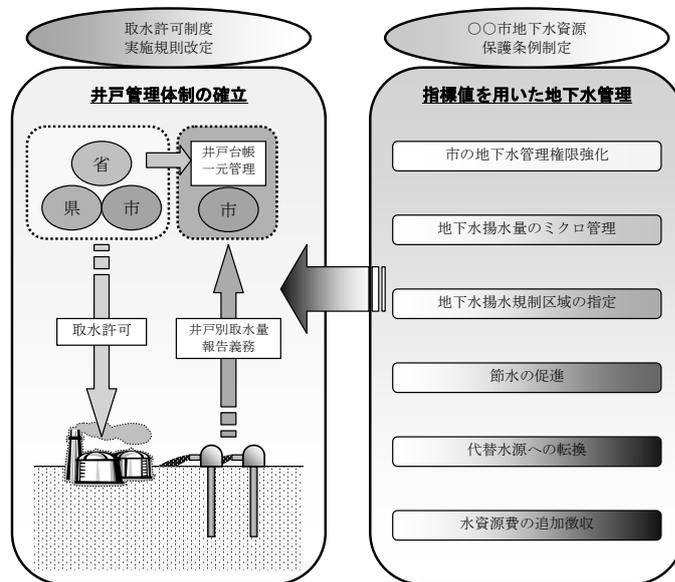
#### (2) 揚水量申告の徹底

現在行われている揚水量の把握は水資源費の徴収を通じて行われている。そのため、水資源費の徴収を免除されている農業用水、農村生活・家畜・医療機関・学校・造林・小型発電などの用水についてはその揚水量が把握されていない。特に農業用水は地下水利用に占める割合も大きく、適切な地下水管理を行う上では揚水量の把握は必須である。そこで、水資源費の徴収の有無に限らず揚水量の申告義務を課す必要がある。また、揚水量の申告を怠った場合は行政による検査を行うことも必要である。具体的には取水許可制度実施規則の関連条文の改定で対応する。

#### (3) 地下水のミクロ的管理のための法制度整備

太子河流域内では遼陽市の首山鎮周辺地区のような深刻な地下水位低下問題を有する箇所については、他の地域にくらべてより強力な地下水保護策を導入して行く必要がある。そこで省制定の水資源保護条例とは別に各市独自の「地下水資源保護条例」を制定して当該箇所に限定した具体的な地下水保護メニューの整備が必要であると考えられる。

この「地下水資源保護条例」では管理指標値を用いたミクロ的地下水管理手法の導入を柱とするが、取水許可制度実施規則の改定により整備される井戸管理体制で把握される井戸毎の揚水量データが、ミクロ的 management を行う上での基本データとなる。従ってこれら二



出典：JICA 調査団

図 5.2.22 地下水管理制度改善案

つの法制度の整備を一体的に行うことで、より効果的な地下水管理体制が整備されることになる。

#### (4) 水循環モデル解析による詳細な水資源開発量の把握

通常地表水と地下水は水循環系の中で相互に出入りをしているものであり、それら出入りする量の把握には数値解析などによる詳細な検討を行う必要がある。

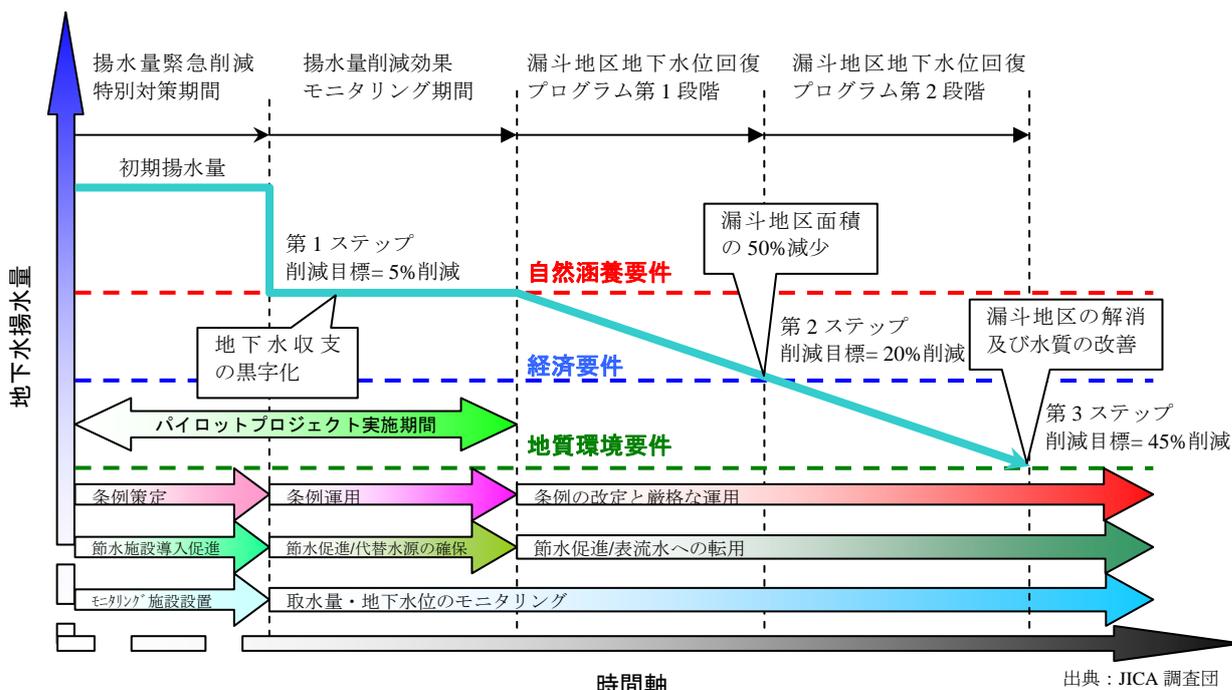
現在太子河流域内では表流水と地下水とを用いた水利用を行っているが、工業用、生活用には主に地下水が、また農業用には表流水を主に使用している。こうした水利用を行う際に、遼寧省水利庁では地表水と地下水との総量を推定し、それらの重複量を算定したうえで両者の配分を行っている。一方でこの配分はマクロなレベルでのものであり、ミクロなレベルでは地表水と地下水との出入りに関する量は把握されないままに実際の水利用が進められている。そのため、例えば遼陽市の遼陽灌漑区とその周辺地域では地表水と地下水の交換量が大きいため地表水を灌漑利用での必要量以上に取水し、過剰分を地下浸透に充てているとのことである。ただし、この地下浸透量を考慮したという灌漑区での実際の取水量は利用者の経験に基づいて算定されており、科学的な根拠のないままに取水利用が進められている。

そこで、こうした地域において水循環モデル解析を行うことで、表流水と地下水相互の行き来を考慮した詳細な水収支を解明し、より実態に即した水配分計画をすすめていくことを提案する。

(5) 地下水管理制度の改善スケジュール（案）

地下水管理制度の改善スケジュールは、取水許可制度実施規則の改定と、市別地下水資源保護条例の制定がある。このうち市別地下水資源保護条例に関しては、現在地下水位低下問題の最も深刻な遼陽市に対して、パイロットプロジェクトとして試行することを提案する。

この地下水管理制度の整備により地下水問題、特に漏斗地区の地下水位低下状況の改善を図っていく必要がある。遼陽市でのケースでは現在は地下水収支がマイナスとなっている可能性があり、この状況の改善をまず急ぐ必要がある。そのため、まずは 2003 年水準の地下水揚水量について 5%を目安とした揚水量の削減を早急にすすめる必要がある。その上で、管理制度の整備を通じて詳細に把握される井戸毎の地下水取水状況から揚水量削減対象地域を絞り込んだうえで揚水量削減策を講じていくという流れになる（図 5.2.23）。



出典：JICA 調査団

図 5.2.23 遼陽市地下水管理制度改善スケジュール案

### 5.3 ダム操作

#### 5.3.1 既設ダム

遼寧省の貯水池建設は 20 世紀初頭より開始された。中華人民共和国の設立以前は、開徳海、三台子、刁家壩、廉家壩、合隆など 5 箇所のみだったが、建国以降 2001 年末には水利部門の管理下にある貯水池は全省 922 箇所<sup>1</sup>に達した。太子河流域ではその内 61 箇所の貯水池が建設されており、貯水池総容量約 36.9 億 m<sup>3</sup>、このうち治水容量約 11.4 億 m<sup>3</sup>、および利水容量約 24.7 億 m<sup>3</sup>であり、利水容量は治水容量の約 2.17 倍である。洪水調節容量はダム規模を問わずすべての貯水池に確保されている。ダム・洪水吐きの規模等級区分は貯水池容量により表 5.3.1 のように分類され運用されている。

表 5.3.1 ダムの等級区分

貯水池容量	ダム分類 (工事規模)	貯水池 等級	主要施設等級 (堤体/洪水吐き等)	洪水吐き超過確率年	
				校核洪水 <sup>1</sup>	設計洪水 <sup>2</sup>
10 億 m <sup>3</sup> 以上	大 1	I	1	10,000	1,000
10～1.0 億 m <sup>3</sup>	大 2	II	2	1,000	100
1.0～0.1 億 m <sup>3</sup>	中	III	3	100-1,000	20-100
0.1～0.01 億 m <sup>3</sup>	小 1	IV	4	5-300	5-100
0.01～0.001 億 m <sup>3</sup>	小 2	V	5	5-300	5-100

出典：JICA 調査団

小規模ダム（中国における分類による）の設置目的は農業用水と洪水調節であり、オールサーチャージ方式による容量確保方式で管理の容易な自然調節方式を採用している。中規模ダムでは生活用水、工業用水が設置目的に付加される。また湛水面を活用した魚類の養殖も便益が得られることからダム設置目的の一つに掲げられている。太子河流域内の主要ダムの位置および諸元を図 5.3.1 から図 5.3.4 に示した。

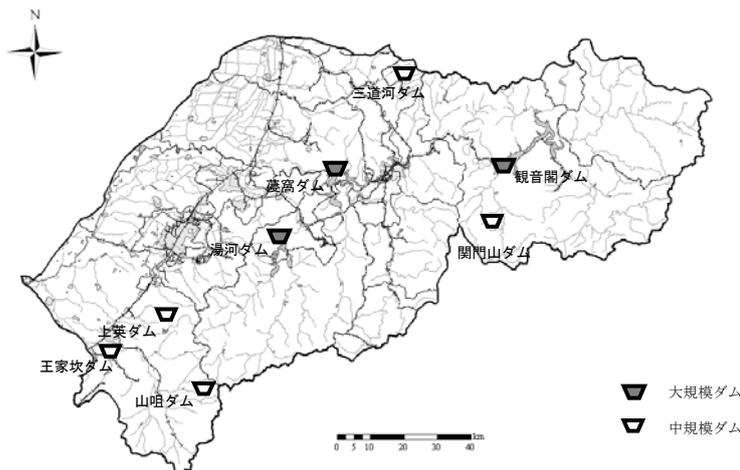


図 5.3.1 太子河流域における大中規模ダム位置図

出典：JICA 調査団

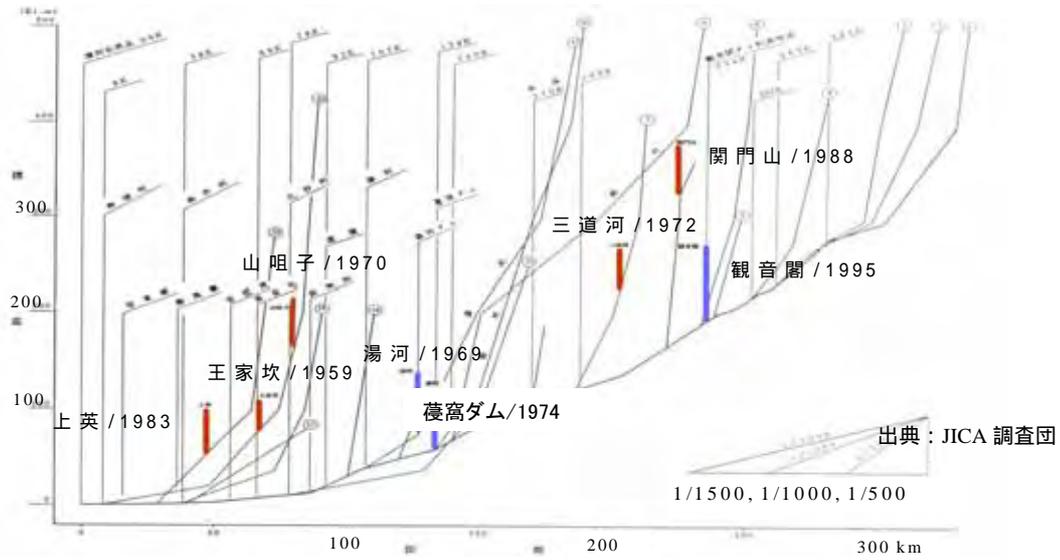
<sup>1</sup>洪水防御校核基準による洪水

過去に発生したダム災害は下流に巨大な損失を与えたことに鑑み、洪水防御設計基準洪水のみで、堤体の安全を確保するだけでなく、洪水防御設計基準を超過した異常洪水の場合にも、堤体の安全を確保しなければならない。洪水防御校核基準は異常洪水に対する、貯水池の防御能力を指す。水文計算により校核基準である洪水ピーク流量、総洪水量、洪水氾濫区域を想定し、これらに基づき水工施設の安全性検証と及び規制操作等を計画設計する。

<sup>2</sup>洪水防御設計基準による洪水

常時の洪水設計基準。洪水設計基準は洪水の頻度あるいは周期で表現する。堤体・洪水吐を設計時、水文計算により設計基準洪水のピーク流量、総洪水量、洪水氾濫区域などを求め、これらに基づき、各ダム水工施設及び洪水制御運用などを計画設計する。

太子河縦断面図



出典：JICA 調査団

図 5.3.2 ダム縦断配置図

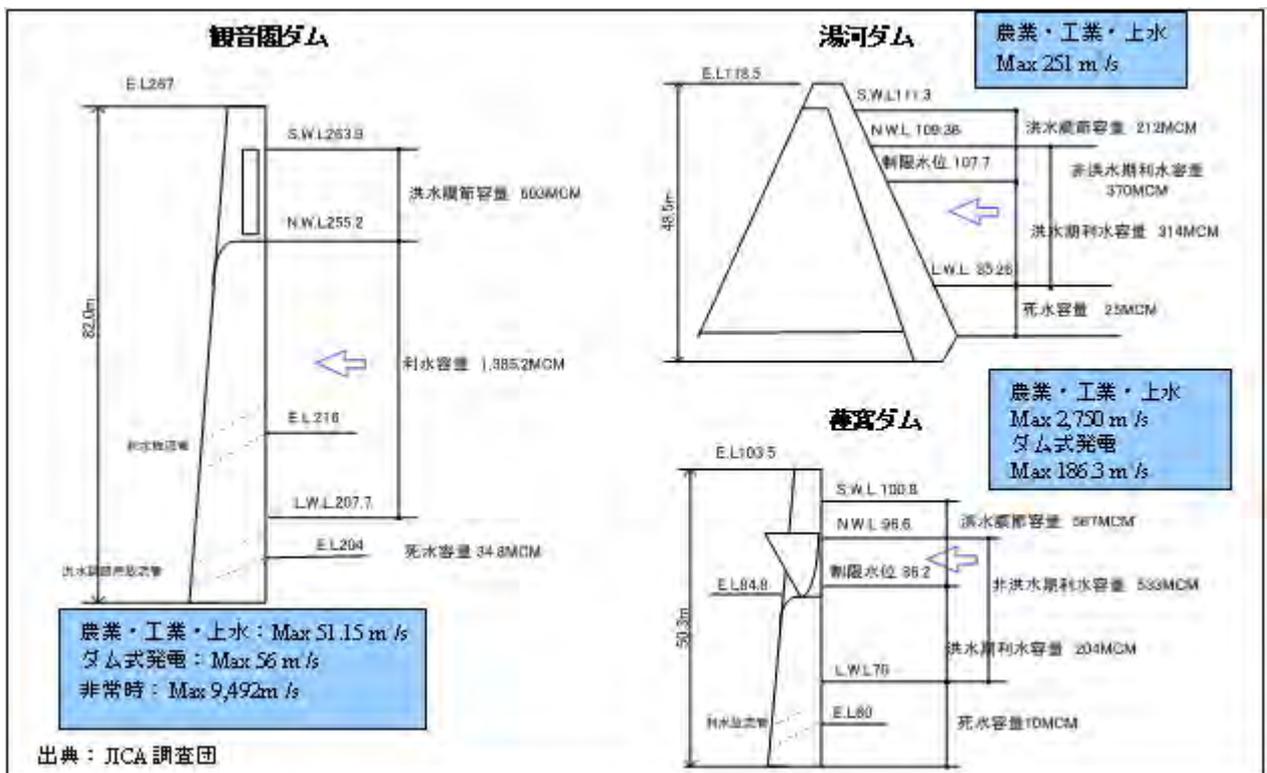


図 5.3.3 大規模ダム諸元

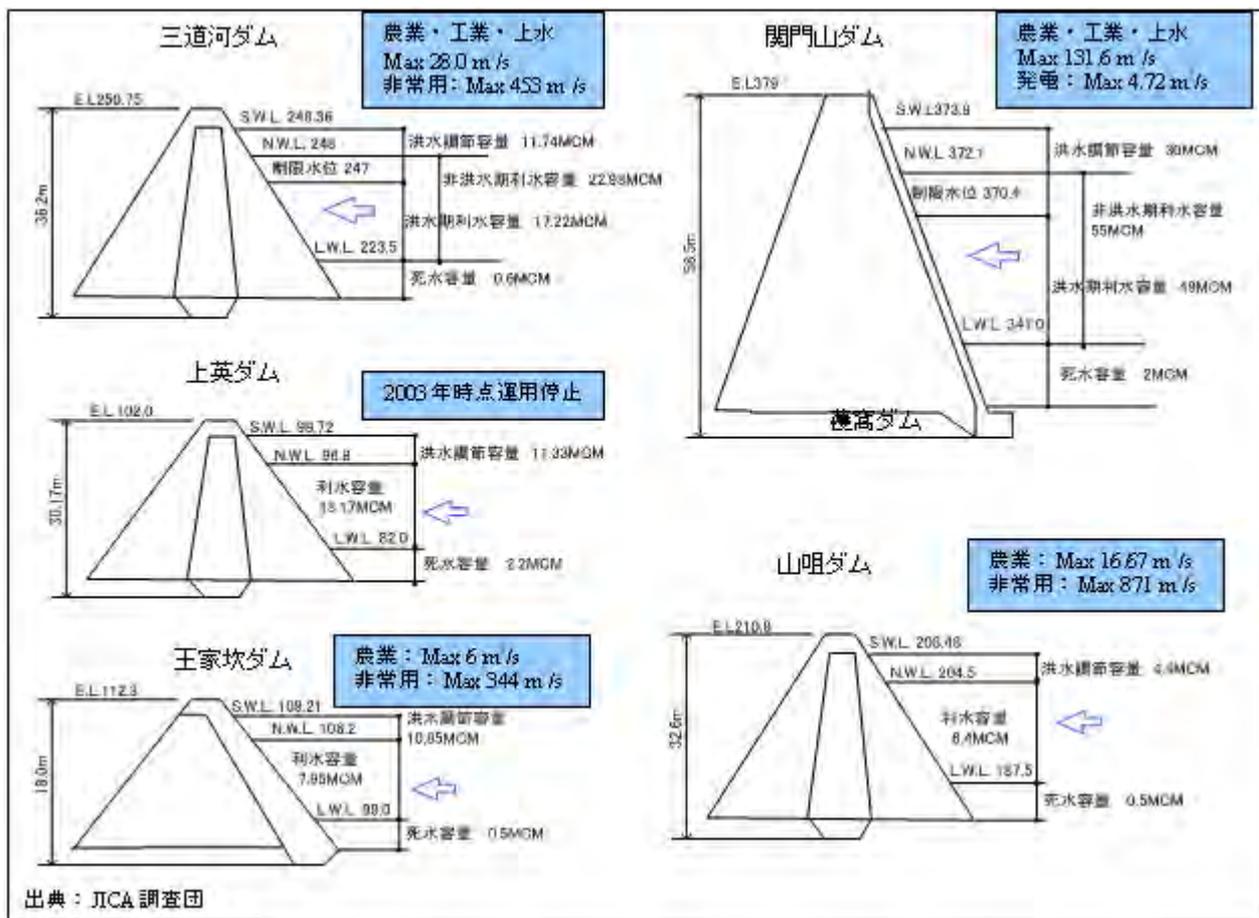


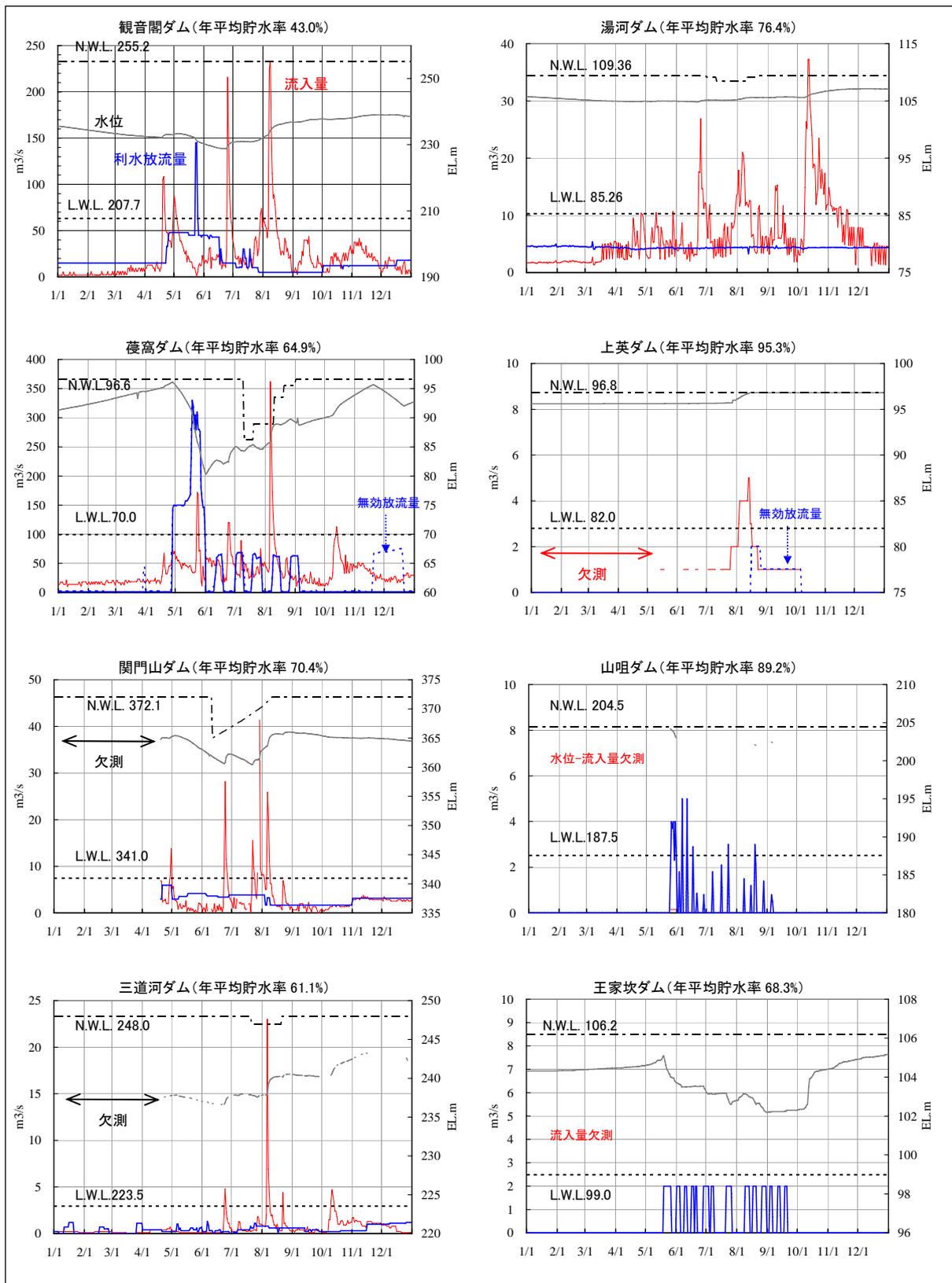
図 5.3.4 中規模ダム諸元

### 5.3.2 2003年ダム操作

図 5.3.5 に 太子河流域の大中 8 ダムの貯水池運用記録 (2003 年) を示す。中規模ダムでは欠測が見られるものの、大規模ダムでは水位・流入量・放流量が通年記録されている。

農業用水を供給するダム (稜窩ダム、関門山ダム、三道河ダム、山咀ダム、王家坎ダム) では、灌漑期に水位の低下が顕著であり、特に稜窩ダムでは 5 月のしろかき時期に放流量が急激に増加することが特徴的である。観音閣ダムからは稜窩ダムへ灌漑用水を補給するため 4 月末から 6 月にかけて放流量を増加させている。

2003 年の年平均貯水率について、観音閣ダムが最低で約 43% であり、その他のダムでは 60% ~ 90% (上英ダムは利水目的の運用していない) の貯水率となっている。2003 年の運用において常時満水位まで水位が回復しているダムは稜窩ダムおよび上英ダムである。また、洪水期に制限水位に水位が達しているダムは無い。稜窩ダムでは、11 月から 12 月にかけて水位を常時満水位より下に保つために無効放流を行っている。



出典：JICA 調査団

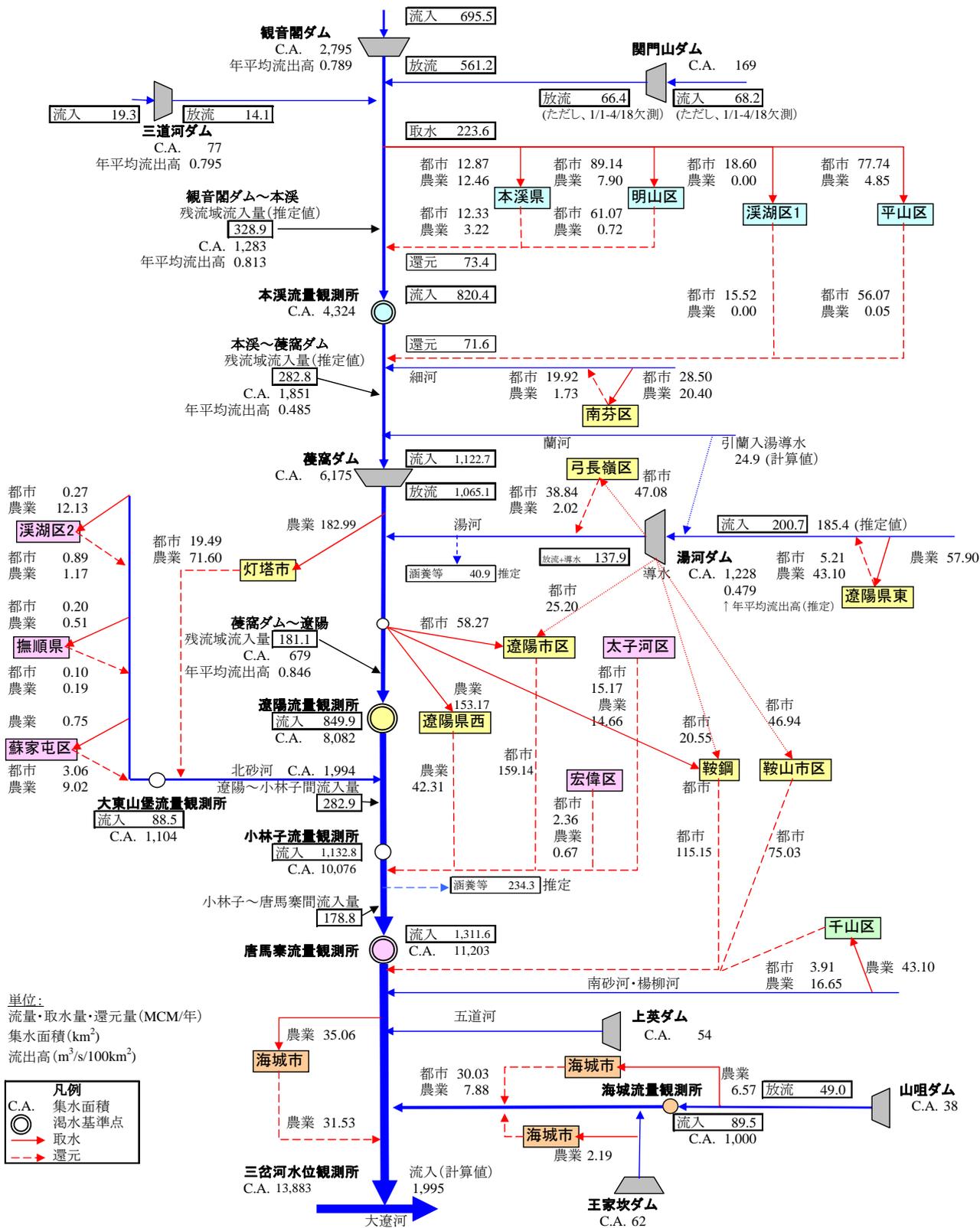
図 5.3.5 ダム貯水池運用記録(2003年)

### 5.3.3 2003年における太子河流域の表流水収支とダム操作

流量追跡モデルに取水・排水（還元）系統を追加して太子河流域全体を対象とした表流水利水モデルを作成した。水利用の現状を分析するために、利水モデルを用いて2003年の太子河流域の表流水収支を推定した。図5.3.6に2003年における太子河流域の年間水収支推定結果を示す。また、太子河流域の渇水基準点における水利用とダム操作との関連を表5.3.2にまとめる。

表 5.3.2 渇水基準点および支川における2003年水利用とダム操作との関連

渇水基準点	河川区間	水利用・ダム操作との関連
本溪流量観測所	観音閣ダム～本溪流量観測所	本溪市に位置する県区級行政区のうち、南芬区以外は全て本溪流量観測所地点より上流から取水している。取水地点では、3つのダム（観音閣、関門山、三道河）から連携して水が補給されている。
遼陽流量観測所	本溪流量観測所～遼陽流量観測所	太子河本川沿いの取水について、海城市の灌漑区以外は全て遼陽観測所地点より上流で行われていると推定される。基準点である遼陽地点における流量は、主に菱窩ダムおよび湯河ダムの放流の影響を受けている。 <u>(1)菱窩ダム</u> 菱窩ダム上流（細河）では、南芬区の取水・還元が行われている。菱窩ダム直下流では、灯塔灌漑区（大規模）および遼陽灌漑区（中規模）における農業用水取水が多くを占める。 <u>(2)湯河ダム</u> 湯河ダム上流では、遼陽県東部の取水・還元が行われている。湯河ダムからは、弓長嶺区、鞍鋼、鞍山市区、遼陽市区の都市用水へ導水管により取水されている。
唐馬寨流量観測所	遼陽流量観測所～唐馬寨流量観測所	遼陽～唐馬寨流量観測所間の本川では主要な取水が行われていない。また、水収支の推定結果では小林子～唐馬寨間の流入量は残流域からの自然流出量と同程度となり、遼陽市区（都市）、遼陽県西（都市・農業）、宏偉区（農業）、太子河区（都市、農業）からの河川還元量はほとんど無いと推定される。
北砂河	北砂河流域	上流域で溪湖区（都市・農業）、蘇家屯区（都市・農業）、撫順県（都市・農業）の水利用が行われ、下流において灯塔市（農業）からの還元が見られる。
鞍山区域	鞍山市区を流下する流域	鞍山市千山区が支川（表流水）から農業用水を取水、河川へ還元している。水収支モデルでは利水施設を考慮していないが、実際には利水用の複数の貯水池が存在している。
海城区域	海城河流域	2つの農業用水専用ダム（山咀、王家坎）から海城市の農業用水へ補給されている。海城市の都市用水は全て地下水取水となっており、海城流域の下流部で都市・農業用水から河川表流水へと還元されている。
三岔河	太子河流域全体	自然流量地下水からの表流水還元を考慮しても、流域内の水の消費により自然流量よりも実際の流出量が小さくなると推定される。

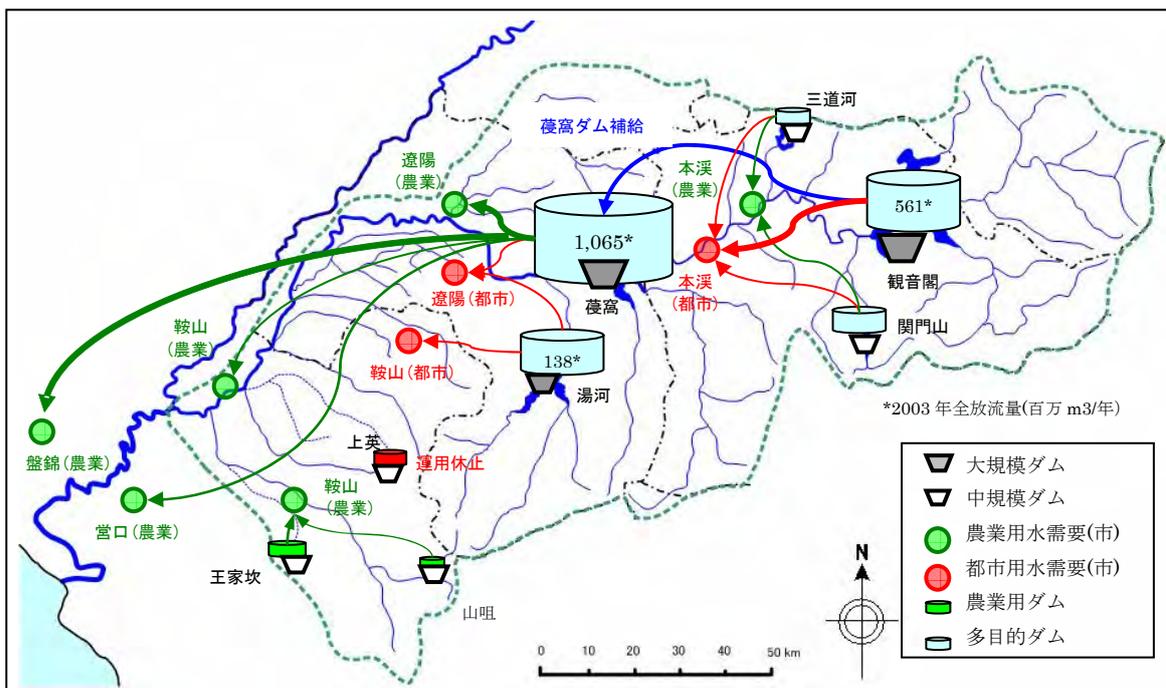


出典：各市水資源公報（2003年）および降水量・流量・ダム操作記録収集データより、JICA調査団が推定

図 5.3.6 太子河流域における年間表流水収支推定（2003年）

### 5.3.4 貯水地運用の見直し

蘆窩ダムを対象として、既存の貯水池運用の見直し、および改善案を検討するために貯水池運用計算を行った。図 5.3.7 に示すように、太子河流域内では 2003 年においてダム補給量は蘆窩ダムが最大となっており、農業用水および工業用水を用途とする多目的ダムである。特に農業用水を主とする蘆窩ダムの運用方法を分析することにより、農業・生活・工業用水を用途とする他ダムに検討結果が適用可能である。



出典：JICA 調査団

図 5.3.7 太子河流域における大・中規模ダム利用状況(2003 年)

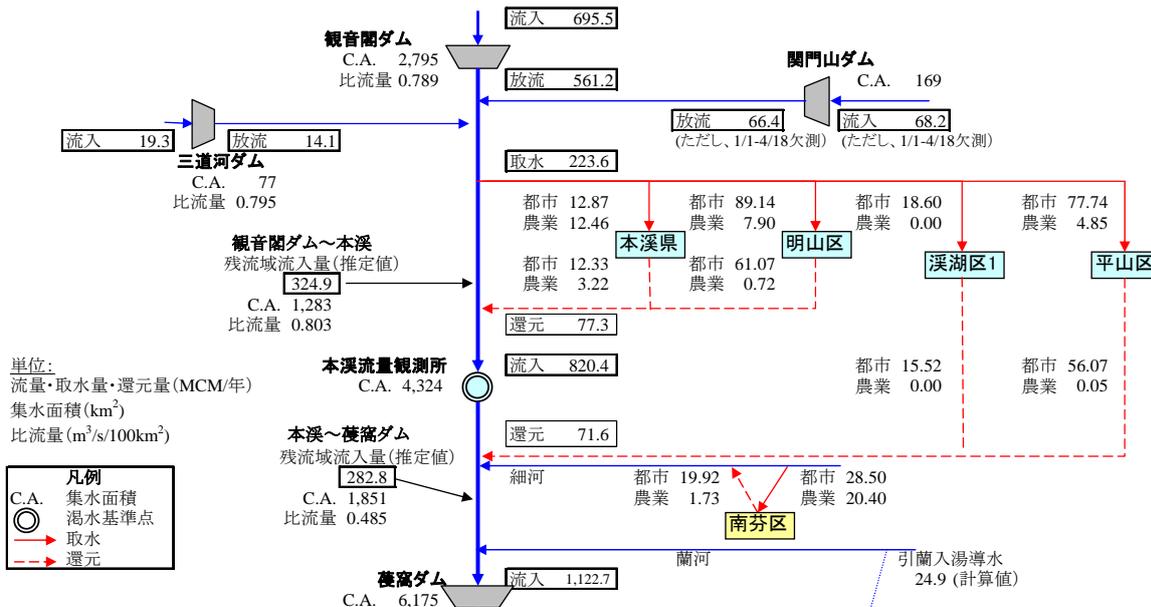
#### (1) 貯水池運用計算入力条件の設定

1984 年から 2003 年の 20 年間の雨量データを用いてタンクモデルにより推定した自然流量にダム操作を加え、貯水池運用計算を行った。ダム貯水池の初期水位は 2003 年の初期水位と同じと仮定し、過去の 20 年の流況が今後 20 年間も再現されると想定した。表 5.3.3 に貯水池運用計算の条件設定を示す。また、図 5.3.8 に蘆窩ダム上流における 2003 年の水利用状況を示す。

表 5.3.3 蘆窩ダム貯水池運用計算の流入量に関する条件設定

項目	内容
自然流量	1984 年～2003 年の雨量データを用いてタンクモデルにより推定した流量
ダム操作	蘆窩ダムより上流の 3 つのダム（観音閣、関門山、三道河）について、2003 年と同じ操作をするものと仮定。なお、3 ダムについては、20 年間の流入量に対して 2003 年の操作を続けた場合に貯水量はゼロとならない。
水利用	観音閣ダム～蘆窩ダム間で 2003 年と同じ水利用（取水・還元）が行われるものと仮定

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 5.3.8 2003 年における棧窩ダム上流のダム操作と水利用状況

(2) 貯水池運用計算の棧窩ダム放流オプションの設定

棧窩ダムからの放流量の変化による貯水池挙動を検討するために、放流パターンのオプションを設定して貯水池運用計算を行った。以下にオプション設定条件を示す。

- 1) 基準：2003 年ダム操作と同じ放流パターン
- 2) 普通灌漑期一定放流量オプション：2003 年ダム操作において、普通灌漑期（6/11 以降）の放流量を最大放流量として一定量（65.0m<sup>3</sup>/s）を放流する

図 5.3.9 にオプション設定別の放流量パターンを示す。

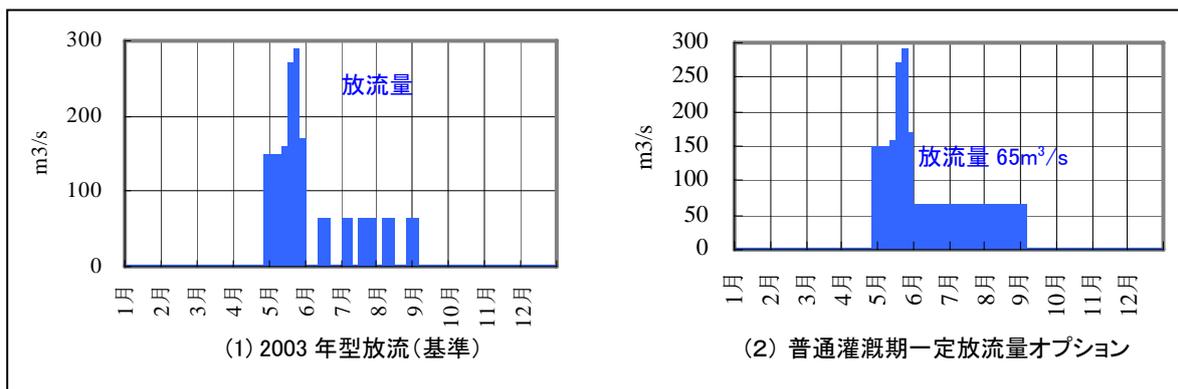


図 5.3.9 オプション別の放流パターン

### (3) 2003 年型運用（オプション1）

図 5.3.10 に 2003 年型運用（基準放流パターン）および普通灌漑期に最大放流量  $65.0\text{m}^3/\text{s}$  を確保したときの貯水位変動を示す。2003 年運用型では、普通灌漑期にできるだけダムからの補給を減らして流入水を貯水する方法が取られているため、普通灌漑期の放流量は不連続となる。過去 20 年間の雨量パターンに対して、上流のダム群（観音閣、関門山、三道河）が 2003 年のダム操作を続けた場合には、蘆窩ダム地点において 2003 年のダム操作を 20 年間続けた場合でも貯水量はゼロとならない。

#### (a) 貯水池運用改善の可能性

計算結果は、2003 年ダム操作を 20 年間続けた場合、残貯水容量に余裕があり新規水量の開発が可能であることを示唆している。

#### (b) 2003 年ダム操作の改善点

2003 年の運用では、10 月末から 12 月上旬まで貯水位を常時満水位以下に保つために無効放流を行っている。この無効放流を普通灌漑期の放流または新規開発水量に転換することにより、利水放流量の増加および灌漑期間の維持流量の確保が可能となる。

### (4) 普通灌漑期一定放流量オプション（オプション2）

日本では、農業用水取水に期別（例：代掻き期、普通灌漑期、非灌漑期の三期別等）の最大取水量を設定してダム補給計画を策定する。本検討では、太子河流域のダム補給計画の対象となっていない普通灌漑期に対して一定量（普通灌漑期において最大放流量  $65.0\text{m}^3/\text{s}$ ）を放流するというオプションを検討した。

2003 年型ダム操作のように普通灌漑期に不連続放流を続けた場合とは異なり、オプション2では、20 年間の連続運用において複数回ダムの貯水量（有効貯水量）がゼロとなる。オプション1とオプション2との比較により、蘆窩ダム運用の現状では、普通灌漑期にできるだけダム放流量を節約してダムの残容量を確保している状況が分かる。長期利水計画が無い太子河流域でのダム運用では、2003 年蘆窩ダム運用のようにできるだけダム放流期間を制限して節水しているといえる。

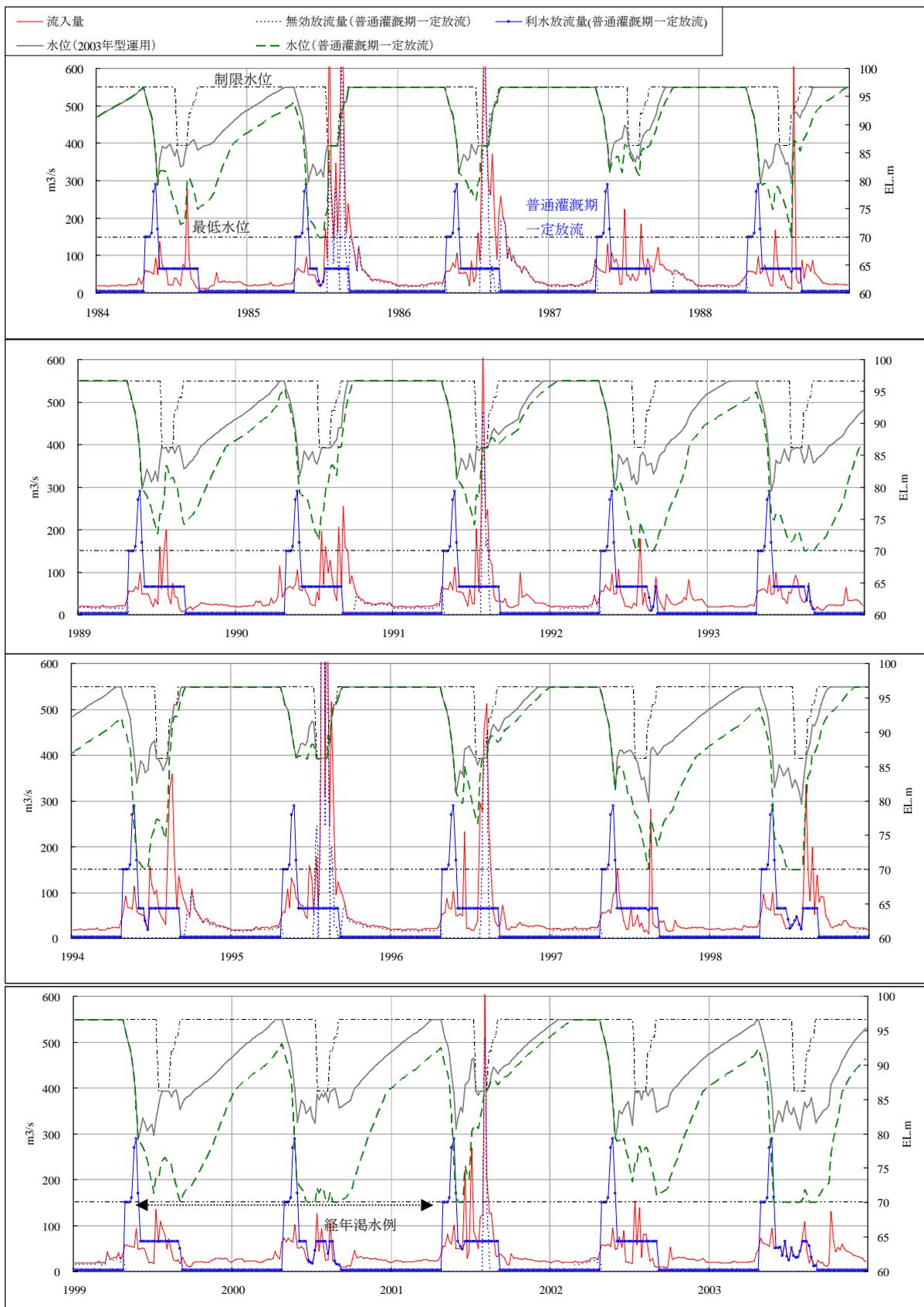


図 5.3.10 2003 年型ダム操作と普通灌漑期一定放流運用の比較

(5) 新規規開発水量追加オプション（オプション3）

さらに、既存ダム操作における潜在的余剰水量を検討することを目的として、図 5.3.11 に示すとおり 2003 年型放流量に通年一定の量の放流量（新規開発水量）を加えて貯水池運用計算を行った。

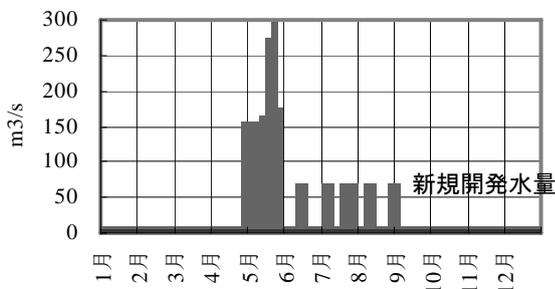


図 5.3.11 稜窩ダムの新規開発水量放流オプション

表 5.3.4 に運用計算結果をまとめる。また、図 5.3.12 に新規開発水量が 1.5m³/s および 4.5m³/s の場合の貯水池運用計算結果を示す。過去 20 年間の雨量パターンが再現され、稜窩ダムの上流ダム（観音閣ダム、関門山ダム、三道河ダム）が 2003 年と同様のダム操作を繰り返し、稜窩ダム上流の水利用が 2003 年と変わらないと想定した場合、稜窩ダム地点において運用規則の見直しにより新たに余剰水が生み出される可能性がある。余剰水の量は、運用ルールの設定方法によって異なり、灌漑開始時期に常時満水位を確保するというルールでは平均 1.5m³/s 程度が余剰水として新規利水が可能となる。また、20 年間連続の運用で貯水量が 1 回程度ゼロになるという設定の場合には、最大 4.5m³/s 程度新規水量が開発可能となる。

表 5.3.4 稜窩ダム新規開発可能水量(余剰水)

	新規開発水量設定	20 年間（1984-2003 年）の運用計算結果
1	なし（2003 年型運用）	毎年灌漑開始時に常時満水位がほぼ確保される。
2	1.5m³/s	20 年間の運用において、灌漑開始時期に常時満水位が確保できない年が 1 回ある。
3	4.5m³/s	20 年間連続運用計算により、ダム貯水量がゼロとなる年が 1 回ある。

出典：JICA 調査団

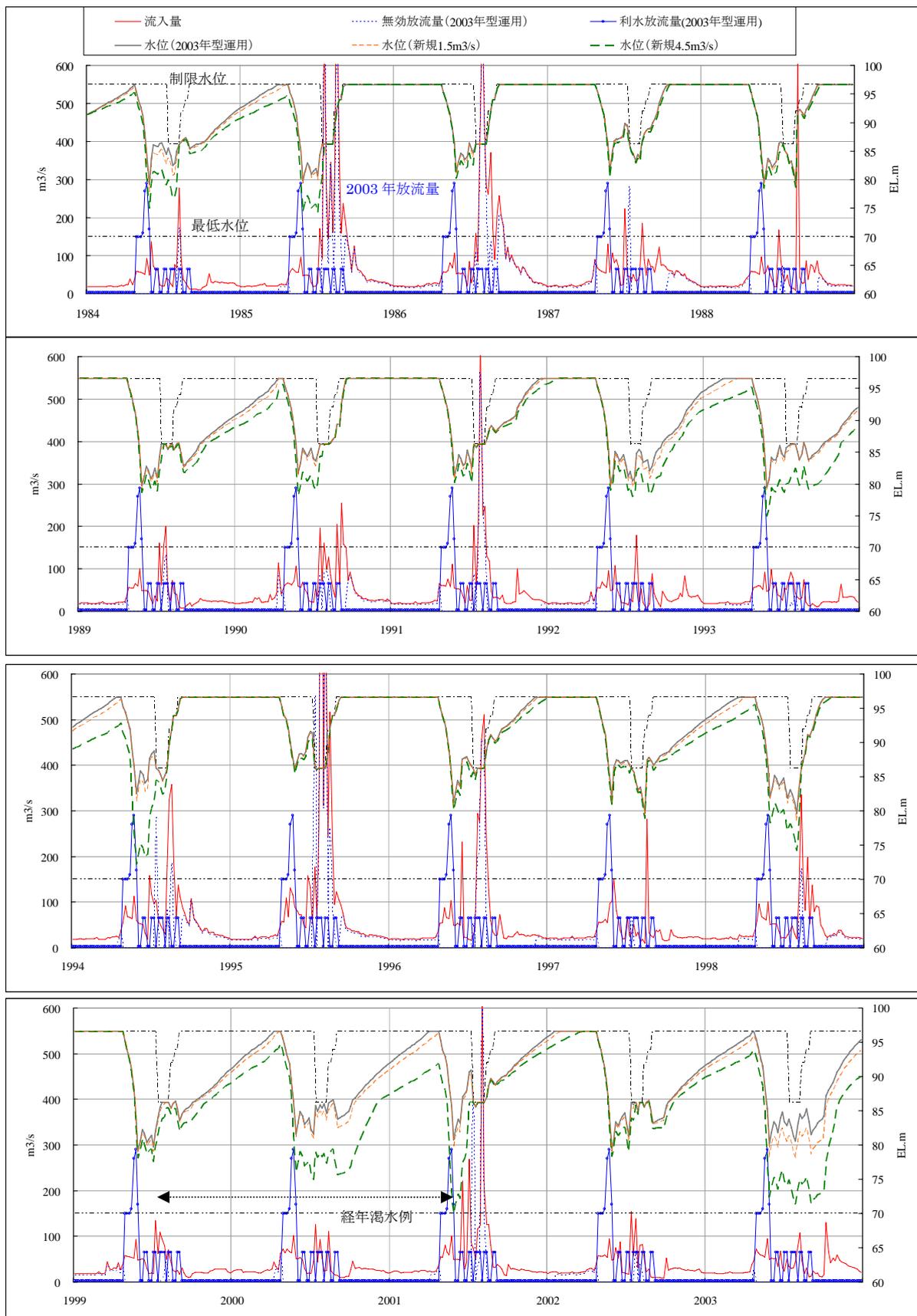


図 5.3.12 新規開発水量オプション別の貯水池運用計算結果(筏窩ダム)

### 5.3.5 既設ダムの利水容量の改善策検討

既設ダムの利水容量を改善する案として、制限水位を洪水期に一時的に引き上げ、活用容量を利水目的に使う策がある(図 5.3.13)。太子河流域の菱窩ダムおよび湯河ダムでは、出水が少ないと予測される場合、洪水期の制限水位を引き上げて共同容量<sup>3</sup>を利水目的に活用している。しかしながら、制限水位の引き上げの活用計画・効果が明確ではない。従って、本調査では現状の水利用でどの程度の共同容量の活用効果があるかを貯水池運用計算により検討した。

#### (1) 制限水位引き上げによる水位回復促進効果

制限水位の引き上げは、非灌漑期の貯水位回復を早める効果がある。例えば、菱窩ダムについて 2003 年と同じ操作を 20 年間繰り返した場合には、制限水位が下限設定の場合と比較して、制限水位が上限設定の場合に洪水期が終わった後の貯水量の残量が大きく、その後の非灌漑期には貯水量が早く回復している。これは、共同容量に積極的に貯水した結果、次年度の灌漑開始前までに貯水量・貯水位の水位回復を促進できる効果を示している。7 月・8 月の 2 ヶ月間の無効放流がほぼ 20 年間全年で発生しているため、共同容量活用による水位回復促進効果は全年で期待できる(図 5.3.14)。

#### (2) 制限水位引き上げによる無効放流削減効果

制限水位が下限設定と上限設定の場合における制限水位設定期間(7 月～8 月)の無効放流量を比較した結果、2003 年型操作では、20 年間の運用で年平均 44.7MCM の無効放流量を削減することができる。

#### (3) 共同容量活用による新規開発水量増加

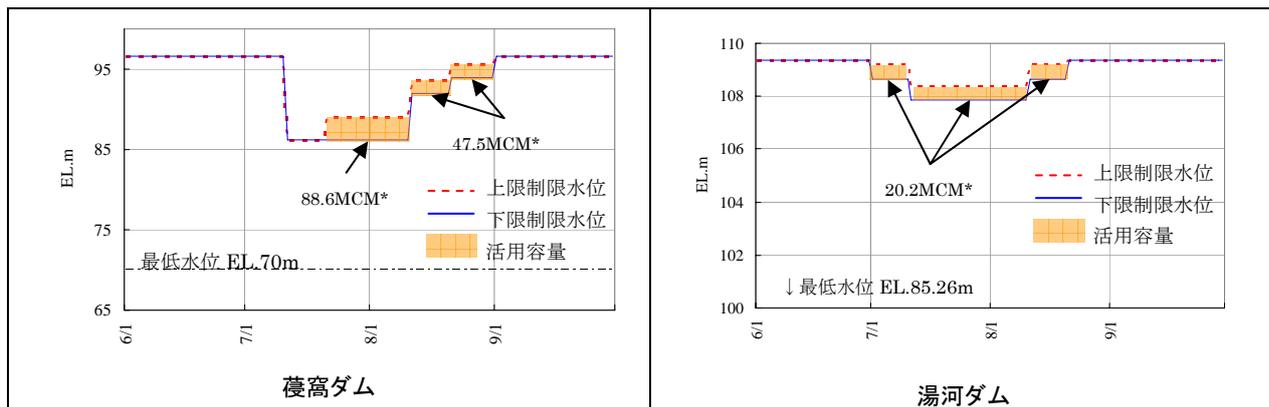
7 月～8 月の 2 ヶ月間の無効放流量の削減量、つまり共同容量の一部に新たに貯水された量を次年度までに 1 年間平均的に放流するという運用をした場合、共同容量への貯水は新規開発水量となる。制限水位引き上げによる無効放流量の削減量を年間補給増加量に換算した例を表 5.3.5 に示す。

例えば、2003 年型の操作を繰り返した場合には、制限水位の引き上げにより 20 年間平均で  $1.4\text{m}^3/\text{s}$  程度の水が新たに活用可能となる。一方、新規開発水量  $4.5\text{m}^3/\text{s}$  を加えた放流を続けた場合には、共同容量に貯留される水を 20 年間平均で  $1.1\text{m}^3/\text{s}$  程度新たに放流可能となる。

#### (4) 結論

制限水位の引き上げにより共同容量を活用するという既存の計画は、利水の観点から見れば妥当なものである。従って、今後も制限水位引き上げにより共同容量の活用を積極的に図ることが有効だと考えられる。ただし、共同容量の活用の際には、常時出水状況をモニタリングして、洪水被害が生じないように留意しなければならない。利水容量を改善するためには、洪水期に制限水位を引き上げることにより無効放流量を減らすとともに、共同容量の一部に貯留された水を新規補給増加可能量として放流するという運用が望まれる。

<sup>3</sup> 共同容量 = 常時満水位相当容量 - 制限水位相当容量



\*図中の活用容量の数字は、再委託調査から得られた水位・貯水量データに基づいて水位・貯水量関係式から算出した。

出典：JICA 調査団

図 5.3.13 稷高ダムおよび湯河ダムにおける既存の共同容量活用設定

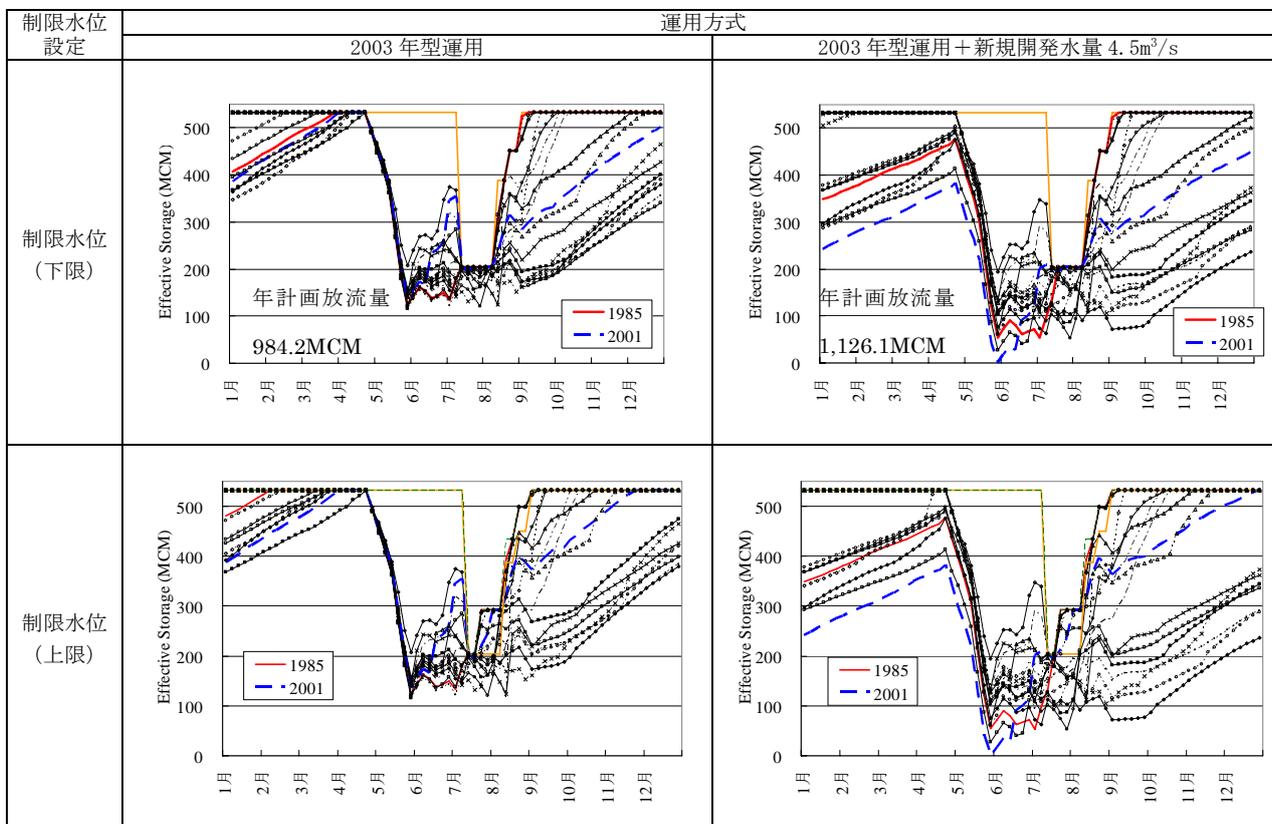


図 5.3.14 稷高ダム制限水位引き上げによる 20 年間の貯水池運用比較 出典：JICA 調査団

表 5.3.5 7月-8月間の 20 年間平均無効放流削減量(稷高ダム)

放流方式	(1) 制限水位 (下限)	(2) 制限水位 (上限)	共同容量への貯留量 (3)=(1)-(2)	(3)年間換算
	MCM	MCM		
2003 年運用	559.3	514.6	44.7	1.42
新規開発水量 4.5m <sup>3</sup> /s	349.1	314.7	34.4	1.09

出典：JICA 調査団

### 5.3.6 太子河下流への放流規則の見直し

代掻き期を含む4月末～5月(4/26-5/31)の間、蘆窩ダムから下流への放流量は急激に増加する(2003年日平均ピーク放流量330m<sup>3</sup>/s:2003年5月18日)。ダム放流の急増の主な理由は、大遼河下流の営口市・盤錦市灌漑地区(太子河流域外)の代掻き時期に塩水被害が生じないように河口部に塩水遡上防止目的の放流量を供給すること、および灌漑区への灌漑用水補給である。5月上旬から蘆窩ダム直下流の灯塔灌漑区・遼陽灌漑区(太子河流域内)の代掻きも始まり、塩水遡上防止のための放流と代掻き期放流が重なり、結果として蘆窩ダムからの放流量は他の時期と比較して増大する。この4月末～5月の間の蘆窩ダム下流への放流量を精査することにより、余剰水の創出の可能性を検討した。

蘆窩ダム放流量を精査するために、蘆窩ダムの放流に関わる計画を整理して、実績の放流記録と比較した。供水計画指標とは、毎年灌漑区が用水計画を策定する前に、省供水局が直轄ダムの貯水量の残量と該当年の出水予測に基づいて、用水計画作成の指標として各市の水利局に通知するものである。また、灌漑区は、毎年各市に用水計画を提出して、市が取りまとめて省供水局に提出する。

2005年について供水計画指標と用水計画とを比較すると営口市を除いて各市で用水計画が供水計画指標を上回っている。これは、ダム管理者の立場からはできるだけ放流量を制限し、利水者側はできるだけ多くダムから補給を受けたいという状況を示している。2005年の計画と2003年の実績を単純に比較することはできないが、実績放流量は、下流の用水計画よりも上回って放流されている可能性がある(表5.3.6および図5.3.15)。今後は、供水計画指標と用水計画、およびダム放流量との間の乖離を小さくして、精度の良い計画策定により、無効放流を小さくできる可能性がある。

表 5.3.6 蘆窩ダムの実績放流量(2003年)と利水計画との比較

		4月	5月	6月	4月-6月合計	実績放流量との差
蘆窩ダム全放流量(2003)	百万 m <sup>3</sup>	47.9	527.6	48.7	624.2	0.0
2003 供水計画指標	百万 m <sup>3</sup>	34.4	320.1	56.5	411.0	-213.1
2005 供水計画指標	百万 m <sup>3</sup>	34.4	380.8	46.4	461.6	-162.6
2005 用水計画	百万 m <sup>3</sup>	34.4	456.3	63.1	553.8	-70.3

出典：JICA 調査団

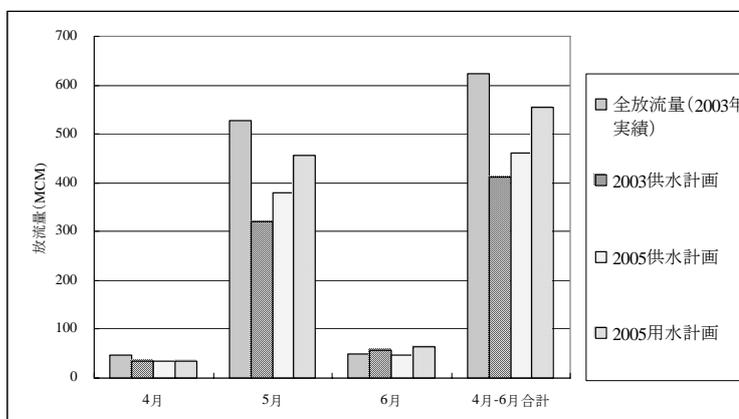


図 5.3.15 蘆窩ダム 4月-6月放流量と各種計画の比較

### 5.3.7 河川正常流量の検討

#### (1) 維持流量の設定

本調査では、以下の3つの方法について維持流量を設定した。表 5.3.7 に Tennant 法および 10 年最小月平均流量法により推定された維持流量を示す。また、表 5.3.8 に日本の策定方法による各流量観測所における項目別必要流量を示す。

表 5.3.7 Tennant 法および 10 年最小月平均流量法による各流量観測所における維持流量

地点	河川名	集水面積 (km <sup>2</sup> )	(1)Tennant 法		(2) 10 年最小月平均流量法	
			維持流量 (m <sup>3</sup> /s)	比流量 (m <sup>3</sup> /s・100 km <sup>2</sup> )	維持流量 (m <sup>3</sup> /s)	比流量 (m <sup>3</sup> /s・100 km <sup>2</sup> )
本溪	太子河	4,324	4.00	0.093	2.69	0.062
遼陽	太子河	8,082	5.33	0.066	1.74	0.022
小林子	太子河	10,203	6.54	0.064	2.34	0.023
唐馬寨	太子河	11,203	7.63	0.068	8.73	0.078

出典：本調査「水収支」付属報告書

表 5.3.8 日本の策定方法による各流量観測所における項目別必要流量の推定

	舟運	漁業	景観	塩害防止	河口閉塞の防止	河川管理施設の保護	地下水位の維持	動植物の生息地又は生育地の環境	流水の清潔の保持*
本溪	-	-	-	-	-	-	-	3.26 (20.68)	5.33
遼陽	0.98	-	0.98	2.96	-	-	-	-	-
小林子	-	-	-	3.73	-	-	-	-	-
唐馬寨	-	-	-	4.10	-	-	-	-	-

-: 検討の必要性が低い項目、本溪流量観測所の( )の数値は4月及び5月の維持流量。魚類の産卵期に相当する。

\*2003年の渇水期(12月~3月)の環境基準を満たす必要最低月平均流量とした。

#### (2) 期別の段階的維持流量オプション策定

本検討では、本溪地点の「動植物の生息地又は生育地の環境」項目について期別設定をして、4月・5月とそれ以外の期間でそれぞれ維持流量を設定した。段階的維持流量オプションの縦断的設定例を図 5.3.16 に示す。

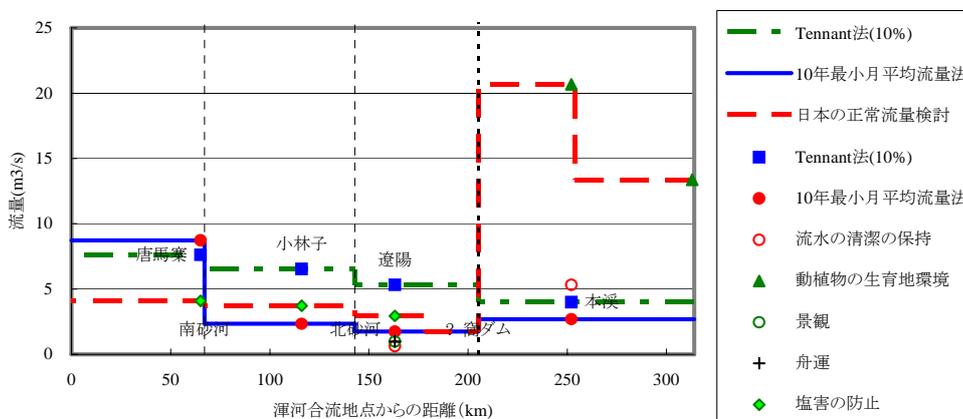


図 5.3.16 太子河本川沿いの維持流量設定オプション(4月・5月)

#### (3) 正常流量の段階的オプション検討

正常流量および維持流量を確保すべき目標年度は、太子河流域における水資源配分計画の目標年度と同じ 2020 年とした。各渇水基準点における基準年の河川流量から 2020 年の水需要を引いたものを維持流量として確保可能な量とした。

図 5.3.17 に太子河本川沿いの各渇水基準点における 2020 年の表流水の水需給バランスを示す。20 年確率渇水基準年である 1985 年は、年度後半に大出水の影響で自然流量が平年よりも大きくなるため、より渇水年を代表する年として 10 年確率渇水基準年の 2001 年の自然流量に対して 2003 年のダム操作を行ったときの各渇水基準点における流量を表流水の利用可能量とした。また、水需要については、各セクターの水需要予測に基づき、地下水の取水量が 2003 年の量を維持するという想定で表流水の需要量を算定した。各渇水基準点における 2020 年の需給バランスと維持流量確保状況は以下のとおりとなる。

**本溪**：2003 年のダム操作を続けることにより、本溪地点で 2020 年の水需要を満たすことが可能である。しかしながら、9 月には観音閣ダムの放流量が他の月と比較して小さい（月平均放流量 5.0m<sup>3</sup>/s）ため、本溪地点の流量もダム操作の影響を受けて維持流量可能量が小さい。

**遼陽**：1 月～3 月および 12 月の渇水期には、僅かながら 2020 年の水需要が河川流量を上回り水不足が予測される。従って、2020 年の水需要を満たすためには現状のダム操作を変更する必要がある。さらに、維持流量確保の目標を達成するためには、水利流量を確保するダム放流量に加えて維持流量確保のための放流をしなければならない。

**唐馬寨**：2003 年のダム操作により 2020 年の水需要は満たされる。また、日本の正常流量検討項目に対する維持流量が確保される。従って、オプション設定の段階を上げることによりさらなる維持流量の増加を図ることが望ましい。

前節で検討した結果に基づき、表 5.3.9 に維持流量オプション設定案と正常流量・維持流量確保のための方策を主にダム放流量増加の観点から整理した。特に需給バランスが逼迫する遼陽地点については、維持流量の確保のためのダム放流の実施可能性をパイロットプロジェクトで検証することを提案する。

表 5.3.9 渇水基準点に対する維持流量オプション設定案と目標達成の対策

基準点	段階的維持流量オプション設定案 (目標達成の順序)	確保すべき水利 流量	目標達成のための対策案
本溪	1. 10 年最小月平均流量法 2. Tennant 法 2. 日本の正常流量検討方法	2020 年表流水 需要量	9 月の観音閣ダムの放流量を増加 する。
遼陽	1. 10 年最小月平均流量法 2. 日本の正常流量検討方法 3. Tennant 法	2020 年表流水 需要量	水需要を満たすための方策が優先 である。菱窩ダムまたは湯河ダム からの渇水期（12 月～3 月）の放 流量を増加して、水需要の確保お よび維持流量の確保を図る。
唐馬寨	1. 日本の正常流量検討方法 2. Tennant 法 3. 10 年最小月平均流量法	2020 年表流水 需要量	12 月に菱窩ダムまたは湯河ダム の放流量を増加して、維持流量の オプション 2・3 の確保を目指す。

出典：JICA 調査団

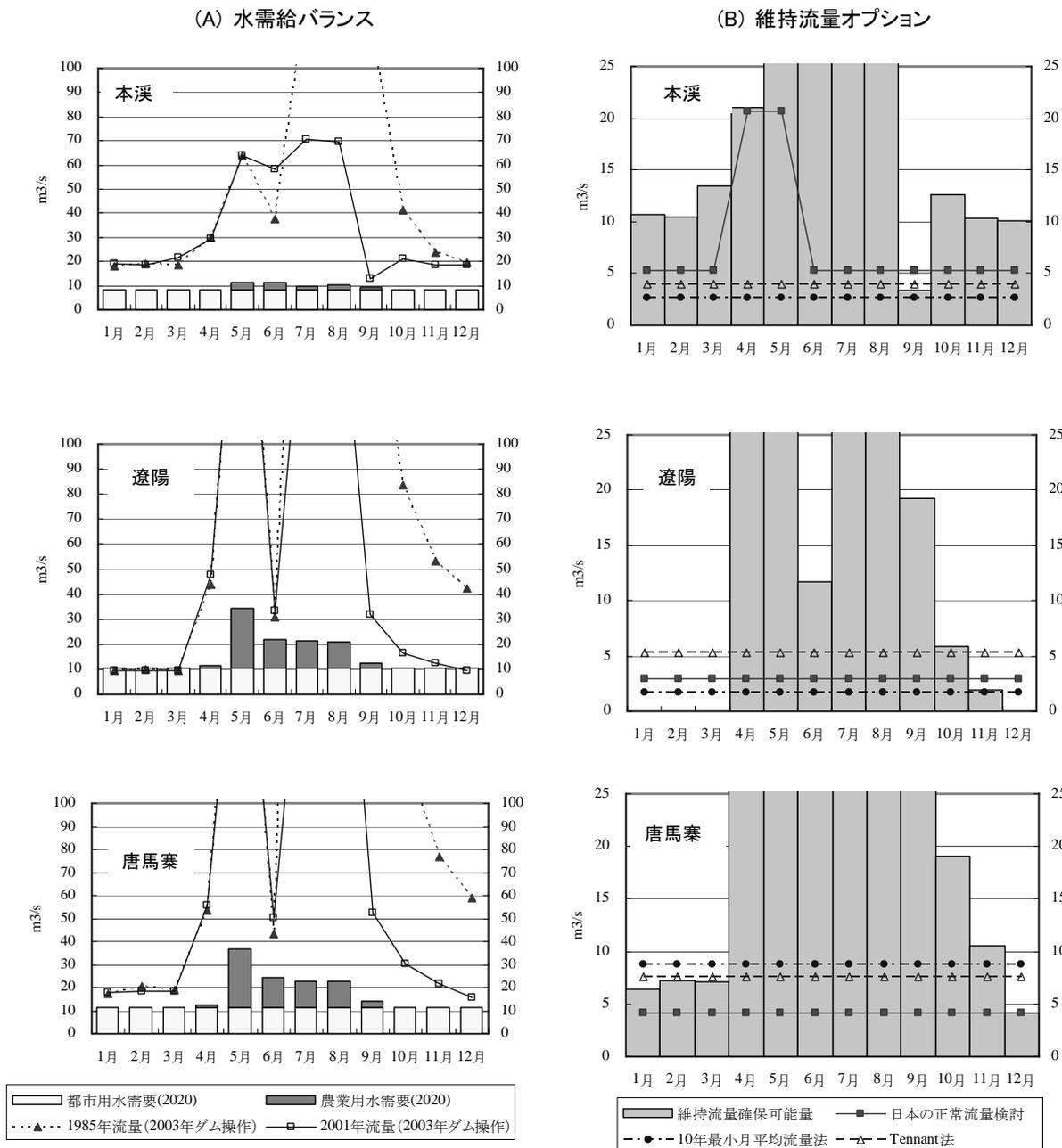


図 5.3.17 渴水基準点における 2020 年の水需給バランスと維持流量確保可能量

### 5.3.8 太子河流域のダム操作に関わる提案

水利権制度整備の枠組みに関わるダム操作管理は、「ダム操作による各行政区への流域水配分のマクロ的調整の確実な運用」と「各セクター用水と流水の正常な機能の維持の確保を目的としたミクロ的利水計画」が重要であり、両者の確立と整合を図る必要がある。

#### (1) 省直轄ダムにおける供水計画（ダム補給計画）対象期間の延長

太子河流域における遼寧省直轄ダムからの給水は、遼寧省供水局が調整・管理している。生活・工業用水については申請された年間総量を通年で平均化することにより、また農業用水については4月下旬～6/10（2005年実績）を対象期間とする用水計画（取水計画）に従い供水計画が作成される。生活・工業用水については通年であまり変化が無いため、供水計画は基本的に毎年灌漑開始前に作成されており、対象期間は用水計画と同期間（4月下旬～6/10）となっている。

取水許可制度から水利権制度への移行を想定した場合、長期的利水計画に基づいて安定的に使用できる水配分計画が求められる。従って、太子河流域において供水計画対象期間を灌漑開始前から翌年の灌漑開始前の一年間に延長してダム貯水池の運用を変更することを提案する。同時に、農業用水の取水計画である用水計画の対象期間も灌漑開始時期から普通灌漑期を含む灌漑取水終了時期（9月20日頃を想定）までとする。表5.3.10に普通灌漑期を対象期間に含めた貯水池運用計画改訂案を示す。

表 5.3.10 貯水池運用ルール改訂案

	現行計画	改訂案
供水（ダム補給）計画	毎年、灌漑開始前に残貯水量と流入予測に基づいて供水計画を作成	長期利水計画に基づいて供水計画（基準貯水ライン）を策定
貯水池運用目標	用水計画対象期間（5/1-6/10）の灌漑用水需要を満たし、6/10までダム貯水量がゼロとしない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画灌漑終了日（水田灌漑の場合 9/10）まで貯水量がゼロとしない。</li> <li>単年度運用を継続する場合には、灌漑開始直前に水位が常時満水位に回復する。</li> </ul>
貯水池運用ルール		
ダム操作	一部計画的操作	通年計画的操作
運用上の条件	ダム残貯水量があれば、下流の放流要求に応じて放流。	<ul style="list-style-type: none"> <li>放流量・取水量が計画と乖離していないかモニタリングが必要。</li> <li>基準ラインと実際の貯水量変動が乖離する場合に放流制限が必要。</li> </ul>

出典：JICA 調査団

上述の検討により、ダム運用および河川の正常流量管理に係る段階的な取り組みを図5.3.18および図5.3.19に提案した。

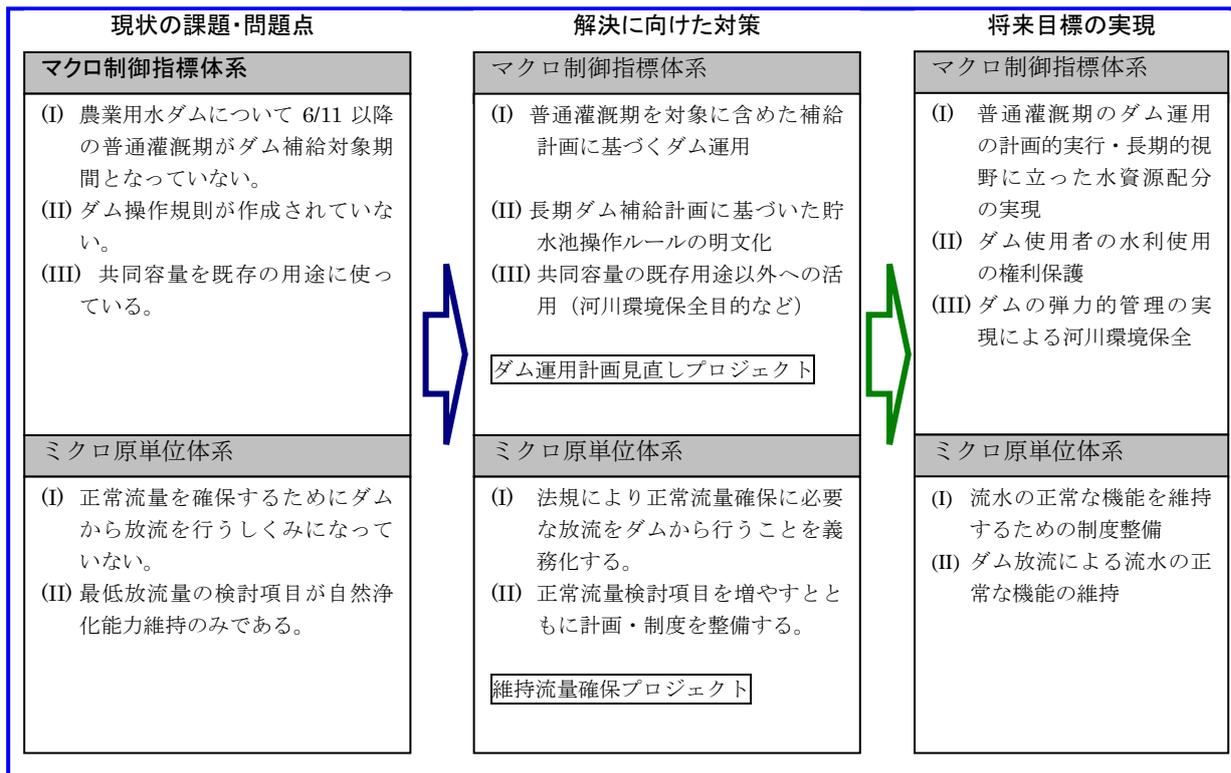


図 5.3.18 太子河流域におけるダム運用および河川の正常流量に係る段階的改善の流れ

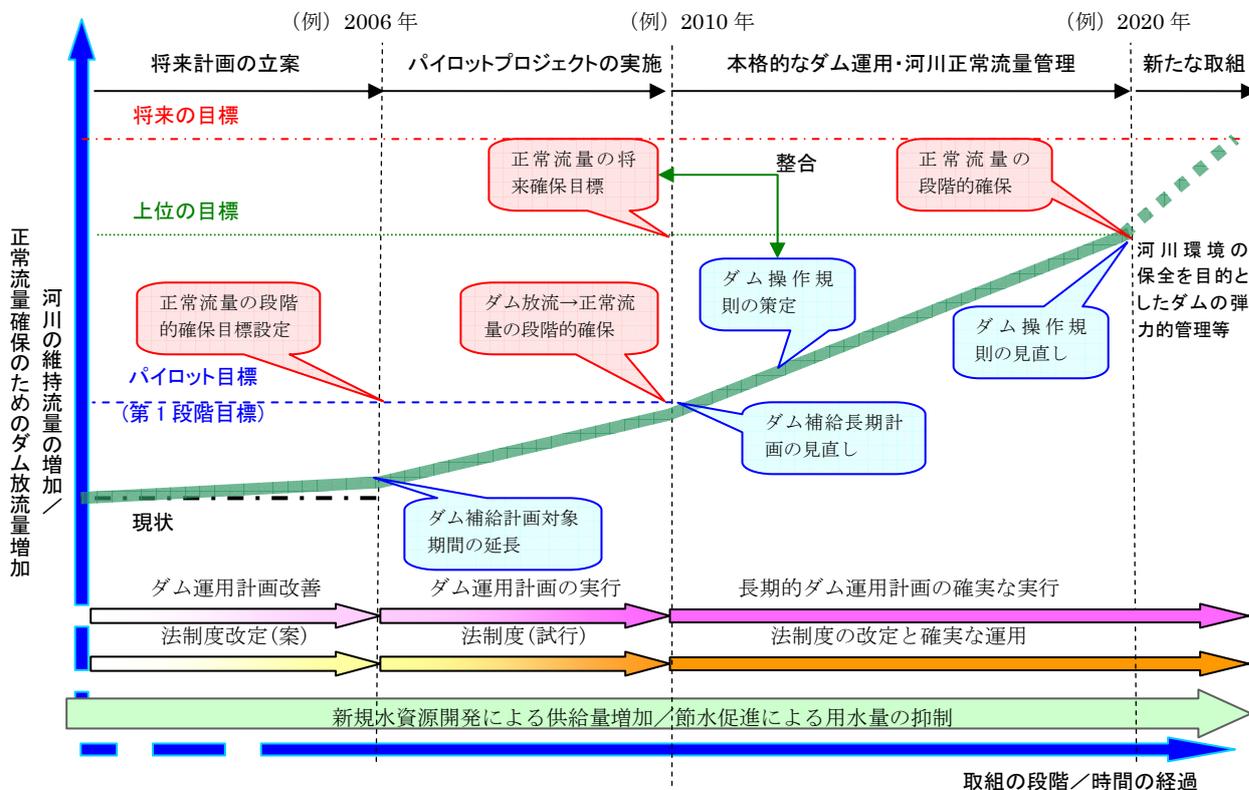


図 5.3.19 ダム運用および河川の正常流量管理に関わる段階的な取り組み

## (2) ダム操作規則における貯水池運用ルールの明文化

水利権を安定的に使用するための担保とするため、貯水池操作ルールを明文化したダム操作規則を策定することを提案する。ダム操作規則の制定に際し、中国国務院の《ダム貯水池の総合運用管理および調整に関する通則（1993年12月20日施行）》を参考とする。同通則では、各省が実施細則を作成することとなっている。従って、実施細則を整備した上でダム操作規則を策定することが望ましい。

太子河流域においては、各市級行政区への水配分を考える場合に、省直轄ダムが重要である。従って、対象ダムは現時点で省直轄の大規模ダムとする。また、国務院通則ではダムの管理部門がダム貯水池運用規程（ダム操作規則）を制定することとなっているため、遼寧省のダム管理部門である遼寧省供水局がダム操作規則を制定することとする。

## (3) 共同容量の活用方法のダム操作規則における位置づけ追加

共同容量の一部が利水容量として計画されている蘆窩ダムについて、共同容量の活用効果を検討した結果、無効放流が減少し、共同容量に貯水された水が新規水量として放流可能となることが分かった。太子河流域のダム運用の現状に鑑み、共同容量（洪水調節容量）の一部が活用できる場合には、使用目的をダム操作規則に位置づけることを提案する。

日本ではダムの活用容量を河川環境の保全目的に使用するのに対して、太子河流域のダムについては、ダム計画上で河川の維持流量が確保されていない場合があり、河川環境の保全目的よりも河川の正常流量を確保することを優先すべきと考える。従って、太子河流域におけるダムの共同容量の活用目的は漏水被害の軽減または維持流量のための放流とする。

### 5.3.9 太子河流域の正常流量に関する提案

#### (1) 最低流量確保から正常流量確保へダム放流の原則を変更

遼寧省大規模ダムについては、すでに《遼河流域における水污染防治条例》によって、水利流量確保を前提としつつ水体の自然浄化能力を維持するためのダム下流の最小放流量を確定することが規定されている。また、省環境保護行政主管部門がダム下流の最小放流量案を作成することとなっている。しかしながら、水質の観点のみならず複数の観点からダムの最小放流量は決められるべきである。

河川管理者の立場から河川の正常な機能を維持するために必要な流量をダムから放流することを義務付ける条文を作成することを提案する。日本の場合には、個々のダムに対して操作規則が作成されているため、該当条文は《ダム操作規則》に示される。一方、遼寧省ではダム操作規則が明文化されていないため、河川管理という観点から既存の《遼寧省河川管理条例》の条項として追記することを提案する。

具体的には遼陽観測地点の維持流量の確保を目的とした蘆窩ダムからの放流を義務付けることが考えられる。蘆窩ダムの2003年操作は改善の余地があり、新規余剰水を生み出すことが可能であると想定されるため、今後パイロットプロジェクトを通じて蘆窩ダムからの維持流量放流を検討する価値がある(図5.3.20)。

#### (2) 正常流量検討項目の段階的追加

遼寧省では、既に環境保護部門を主管とする《遼河流域における水汚染防止条例》に基づいて地表水の正常な流量の保持が検討されている。同条例 22 条によれば、流水の正常な流量の保持は水体の自然浄化能力の維持（日本の流水の清潔の保持）のみを目的としている。

しかしながら、流水の正常な機能の維持は水体の自然浄化能力以外の観点からも検討されるべきであり、正常流量検討項目を段階的に追加することを提案する。具体的には、①舟運、②漁業、③観光、④流水の清潔の保持、⑤塩害の防止、⑥河口の閉塞の防止、⑦河川管理施設の保護、⑧地下水位の維持、⑨水文統計指標（Tennant 法、7Q10 法、比流量参考値など）とする。また、河川管理者の立場から遼寧省水利庁が主管となるべく、《遼河流域における水汚染防止条例》ではなく《遼寧省河川管理条例》に正常流量の検討条文を追加する。



図 5.3.20 ダム放流による維持流量確保イメージ